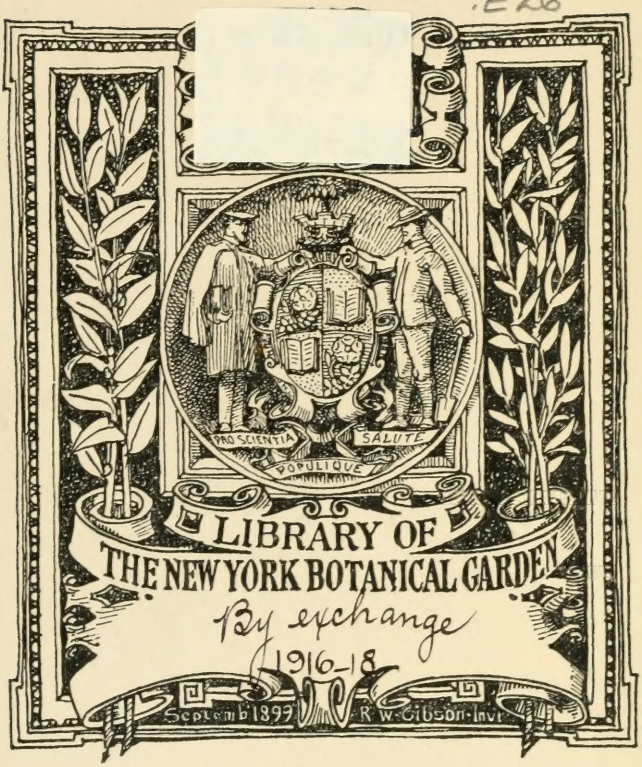
XR
.E26


PRO SCIENTIA
SALUTE
POPULIQUE
LIBRARY OF
THE NEW YORK BOTANICAL GARDEN
By exchange
1916-18
Septemb 1899
R W Gibson Invt

Recueil

des

Travaux Botaniques Néerlandais,

publié par la

Société Botanique Néerlandaise,

sous la rédaction de M. M.

M. W. Beyerinck, H. Heukels, J. W. Moll,
Ed. Verschaffelt, Hugo de Vries et
F. A. F. C. Went.

Volume XIII.

Nachdruck und Uebersetzung verboten.
Overneming van eenig artikel uit dit tijdschrift is verboden,
overeenkomstig art. 15 en 16 van de auteurswet 1912.

M. de Waal. — 1916. — Groningue.

RECUEIL

DES

TRAVAUX BOTANIQUES NEERLANDAIS.

LIBRARY
NEW YORK
BOTANICAL
GARDEN

Recueil

des

Travaux Botaniques Néerlandais,

publié par la

Société Botanique Néerlandaise,

sous la rédaction de M. M.

M. W. Beyerinck, H. Heukels, J. W. Moll,
Ed. Verschaffelt, Hugo de Vries et
F. A. F. C. Went.

Volume XIII.

Nachdruck und Uebersetzung verboten.
Overneming van eenig artikel uit dit tijdschrift is verboden,
overeenkomstig art. 15 en 16 van de auteurswet 1912.

M. de Waal. — 1916. — Groningue.

Y.C
E20
v.13-14
1916-17

SOMMAIRE.

Articles:

Miss J. E. van Amstel.
On the influence of temperature on the CO_2-assimilation of Helodea canadensis. With 2 Textfig. . . . 1

W. und J. Docters van Leeuwen—Reijnvaan.
Beiträge zur Kenntnis der Gallen von Java. 7. Ueber die Morphologie und die Entwicklung der Galle von Eriophyes sesbaniae Nal. an den Blättern und Blumen von Sesbania sericea D. C. gebildet. Mit 10 Textfig. 30

Tine Tammes. Die gegenseitige Wirkung genotypischer Faktoren 44

Th. Weevers. Das Vorkommen des Ammoniaks und der Ammonsalze in den Pflanzen . 63

J. C. Kapteyn, Ph. D.; Sc. D.
Skew frequency curves in Biology and Statistics. With Tab. I—VIII . . 105

K. Zijlstra. Ueber Carem Carvi L. Mit 21 Textfig. und Tab. IX und X. 159

Ina Voormolen. Index alphabétique 344

Recueil

des

Travaux Botaniques Néerlandais,

publié par la

Société Botanique Néerlandaise,

sous la rédaction de M. M.

M. W. Beyerinck, J. W. Moll, Ed. Verschaffelt,
Hugo de Vries, Th. Weevers et
F. A. F. C. Went.

Volume XIII. Livraison 1.

Nachdruck und Uebersetzung verboten.
Overneming van eenig artikel uit dit tijdschrift is verboden,
overeenkomstig art. 15 en 16 van de auteurswet 1912.

M. de Waal. — 1916. — Groningue.

RECUEIL

DES

TRAVAUX BOTANIQUES NÉERLANDAIS.

Recueil

des

Travaux Botaniques Néerlandais,

publié par la

Société Botanique Néerlandaise,

sous la rédaction de M. M.

M. W. Beyerinck, J. W. Moll, Ed. Verschaffelt,
Hugo de Vries, Th. Weevers et
F. A. F. C. Went.

Volume XIII. Livraison 1.

Nachdruck und Uebersetzung verboten.
Overneming van eenig artikel uit dit tijdschrift is verboden,
overeenkomstig art. 15 en 16 van de auteurswet 1912.

M. de Waal. — 1916. — Groningue.

SOMMAIRE.

Articles:

Miss J. E. van Amstel.
On the influence of temperature on the CO_2-assimilation of Helodea canadensis. With 2 Textfig. . 1

W. und J. Docters van Leeuwen—Reijnvaan.
Beiträge zur Kenntnis der Gallen von Java. 7. Ueber die Morphologie und die Entwicklung der Galle von Eriophyes sesbaniae Nal. an den Blättern und Blumen von Sesbania sericea D. C. gebildet. Mit 10 Textfig. . . . 30

Tine Tammes. Die gegenseitige Wirkung genotypischer Faktoren 44

On the influence of temperature on the CO_2-assimilation of Helodea canadensis

by

Miss J. E. VAN AMSTEL.

INTRODUCTION.

In a former publication about the influence of temperature on physiological processes of the yeast [1]) I showed that in general the studies on this subject had not been carried out in such a manner that important conclusions could be drawn from the results obtained. It was especially demonstrated in the above mentioned study that the present data do not answer to the question whether there is a difference between the influence of a rise of temperature on a physiological and on a physical or chemical process.

This view also concerns the influence of temperature on the CO_2-assimilation, notwithstanding that Blackman [2]) studied this subject on much better principles than his predecessors.

With regard to the discussion of Blackman's experiments my above mentioned study [3]) can be referred to, and critical reference to earlier investigations [4]) will be omitted here, partly because they have already been

[1]) Dissertation, de Bussy, Amsterdam 1912.

[2]) Proceedings Roy. Soc. Vol. *83 B.*, 1911, p. 374.

[3]) pag. 74.

[4]) See: W. Pfeffer. Pflanzenphysiologie Bd. I.

criticised in that publication, partly because the results, to be mentioned further on, contain a criticism on many of these observations.

When the influence of temperature on a process is to be estimated accurately, the velocity of that process at a certain moment should be determined as accurately as possible. But this is only to be obtained when the velocity is constant. When this is not the case, one has to be contented by measuring the mean velocity during a space of time which should be taken as short possible.

Now we will describe a method which will enable us to determine the mean velocity of assimilation during a very short space of time ($\pm$ 5 minutes). This velocity was determined by measuring titrimetrically the amount of oxygen formed by the assimilation. Meanwhile care had to be taken that the amount of available carbondioxide should be constant and that this gas should be present in so great a quantity that it did not diminish too much during the assimilation, in other words that the amount of carbondioxide could not be a limiting factor in the meaning attached to it by Blackman [1]). Likewise the same care had to be taken in reference to the available energy of light. In these circumstances it might be expected that a change of the CO_2-assimilation during variation of temperature, was exclusively caused by this factor.

Shoots of *Helodea canadensis*, which had been put up in the laboratory for some time before the beginning of the experiment, were used as testing material. Water containing carbondioxyde, but no oxygen was streaming along these shoots, and the oxygen formed in the light of an electric lamp was measured.

In a treatise, entitled: „Ueber den Gasaustausch der Wasserpflanzen. Ein Beitrag zur Kritik der Blasenzähl-

---

[1]) Ann. of Botany. *19*, 1905. p. 281.

methode" Hans Kniep[1]) pointed out that the gaseous exchange of assimilating shoots of *Helodea canadensis* is a complicated process, especially caused by the difference between the rate of diffusion of carbondioxyde, oxygen and nitrogen. Even the velocities of the dissolving and escaping of these gasses into and from the liquid and from and into the intercellulars (invasion and evasion) seem to play a part.

In our experiments the circumstances are much more simple than in Kniep's, because no gasbubbles are evading from the cut ends of the *Helodea*-shoots in the water which is free of oxygen and streaming along these shoots. So the oxygen will come into the water only by diffusion. Moreover we had no nitrogen in our gasmixture. Yet it will be obvious that probably in our experiments the processes pointed out by Kniep also took place. It will even be proved that the results obtained, have presumably been determined by similar processes.

Thus the experiments, which are to be discussed here, will lead to the conclusion that in fact we did not measure the influence of temperature on the CO_2-assimilation itself, but that physical processes have exerted their limiting influence. In spite of this circumstance we are publishing our results now, because they may indicate to others the probable way to obtain the desired results.

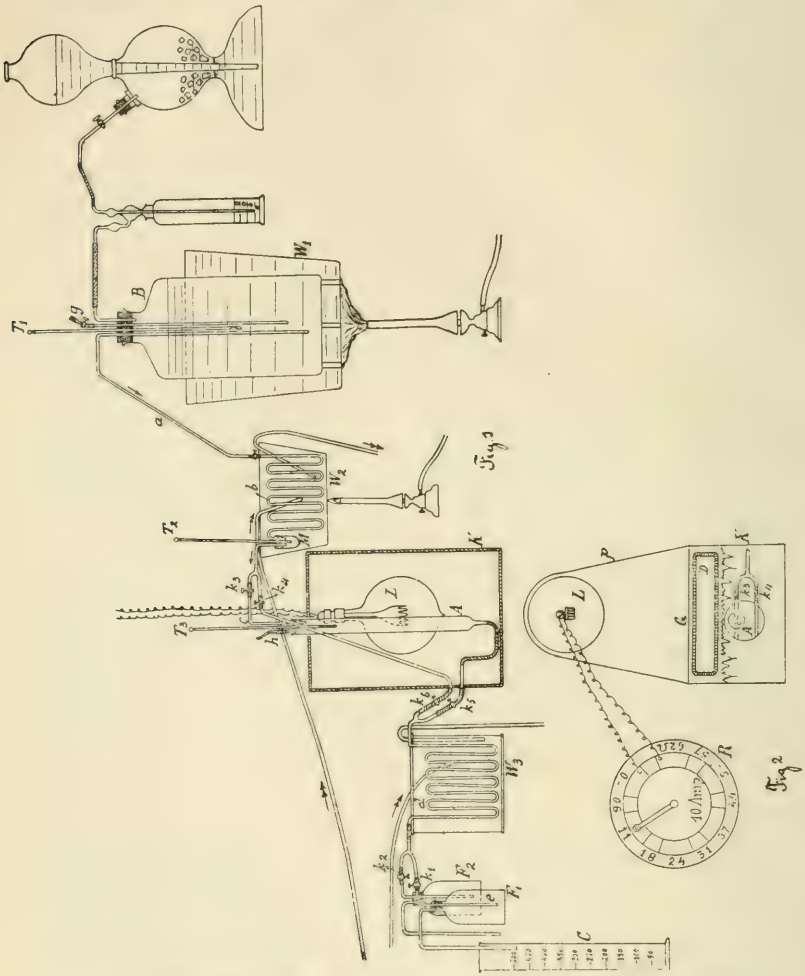
§ 1. The apparatus.

A side-view of the apparatus used for the experiments is schematically represented in Fig. 1; Fig. 2 schematically represents a view from the upperside.

The cylindrical glassvessel **A** (35 c.M. long and 2.5 c.M. in diameter) is used for holding the *Helodea*-shoots. The

[1]) Jahrb. f. Wiss. Bot. *56* Pfefferband. 1915, S. 460.

top-end is closed with a rubber-stopper with three holes: one for a thermometer T_3, one for a tube *k*, which can be closed by a valve (and the use of which will



be explained further on) and one for the tube *c* which leads the water containing the dissolved CO_2 into the vessel A along the shoots. This water has beforehand

been warmed to the desired temperature, and it leaves the vessel A through a tube, fixed to the narrow bottom-end.

Reservoir *B* contains the water that is prepared in the way, which will be discussed further on. Moreover the reservoir B is connected with a CO_2-apparatus in order that the outflowing water may be replaced by gaseous CO_2.

The water in the reservoir *B* is kept at a temperature of about 65° C., the thermometer T_1 indicating the temperature of this water.

The rubber-stopper of the flask *B* is provided with a siphon *a*, leading off the water and with a tube *g*, which can be closed by a valve. It reaches to the bottom of the flask and its use will be explained while discussing the preparation of the water. Before flowing along the *Helodea*-shoots the water passes through a glass-tube *b* that has been bent several times. This tube is placed in a waterbath W_2 which is warmed at a lower temperature than W_1. The temperature of W_2 is to be regulated by a current of tapwater and if necessary, also by a gasburner. In connection with the velocity of the watercurrent through the tube *b* the temperature of W_2 is chosen so that the water reaches the *Helodea*-shoots at the desired temperature. This temperature is controlled at the end of the tube *b* by leading the water through a short, wide tube **M**, containing a thermometer T_2.

Here it should be noted that this way of regulating the temperature of the overflowing water has been chosen to exclude saturation and over-saturation of this water by CO_2. In the case of experiments at a high temperature a casual saturation and over-saturation might cause a development of gas-bubbles in the cylindrical vessel **A**, the result of which might be a loss of oxygen, the bubbles carrying away this gas. This saturation and over-saturation of the water, possible in the reservoir **B**, will be prevented by cooling the water in the bath

W_2 to a lower temperature than it had in the bath W_1.

The water after having been raised to the desired temperature and having passed the shoots, is again conducted through a glasstube *d* which has been bent several times and which is also placed in a waterbath: here it is cooled to a low temperature (that of the tapwater) by means of a water current. After this the water is caught in one of the small flasks F_1 and F_2, different precautions being taken, which will be described further on. The liquid, displaced from the flasks by the overflowing water, is caught in a measuring cylinder, in order to determine the velocity of the watercurrent.

It will be evident that the current is brought about by siphonic action and that the velocity can be regulated by valves.

Figure 1 shows that it is also possible to conduct the water immediately to the flasks, without flowing along the *Helodea*-shoots. Before and behind the cylindrical vessel **A** a T-piece is put in the water-pipe and by opening and shutting the valves k_3, k_4, k_5 and k_6 the course of the water may be regulated.

Lastly it should be mentioned that a half-watt lamp L, with a maximum power of 4000 candles was used as the source of light. By linking in a rheostat **R** (see Fig. 2) the light-intensity could be regulated. The daylight was excluded entirely and at the same time care had been taken to reflect the light of the lamp as much as possible on the shoots by enveloping the lamp with white asbestus, covered outside with a black cloth and by placing the vessel **A** in a small wooden box **K**. This box is furnished at back and front with a pane of glass, the front one to arrest the heat of the lamp, the back one for observation of the shoots during the experiment.

In the upper side of the box is an opening, to allow the passage of the tube **A**. This box **K** is also covered with a black cloth.

Finally between the lamp and the cylindrical vessel is a bowl D, containing a solution of alum to arrest the heat-radiation of the lamp.

§ 2. Preparation of the water and determination of the dissolved CO_2.

For some preliminary experiments tapwater was used, which after having been thoroughly boiled (to expell the dissolved oxygen) was cooled in an atmosphere of CO_2 and then poured into the reservoir **B**. In fact an active absorption of CO_2 took place in water prepared in this way.

Yet, in such water the determination of the free and the half-free CO_2, both a source of the CO_2-assimilation (as contrasted with the CO_2 from the carbonate) is rather a protracted process because of the simultaneous presence of magnesium-carbonate and calcium-carbonate. In order to save time some experiments were made with distilled water similarly prepared. However it was obvious, that by using this water the *Helodea*-shoots did not assimilate nearly as well as in the prepared tapwater, notwithstanding the distilled water also contained a great quantity of dissolved CO_2. Most probably this decrease is to be attributed to the absence of half free CO_2 in the distilled water; for, when a quantity of potash, almost equivalent to the carbonate in the tapwater, was added before bubbling the CO_2 through the distilled water, the CO_2-assimilation took place with the same intensity as in the tapwater.

Afterwards I found that Angelstein [1]) had also observed that in distilled water the assimilation-process of waterplants is nearly stopped and that it begins when $KHCO_3$ is supplied.

---

[1]) Cohn's Beitr. z. Biologie d. Pfl. *9*, 1911, S. 93.

However, though the use of distilled water to which potash had been added, caused a simplification of the measuring of the free and half free CO_2, which will be discussed further on, yet the boiling and cooling of large quantities of water still took much time.

Now I succeeded in driving the oxygen out of the water in a simpler way, viz. by bubbling through hydrogen, followed by CO_2. The hydrogen pushed away the oxygen and afterwards was pushed away by the CO_2, which partially bound to the potash as $KHCO_3$, partially dissolved in a free state.

The preparation as it was at last applied was carried out in this way: To 10 L. distilled water in the reservoir **B** (fig. 1) 750 mgr. potash was added. After this the water was heated up to $\pm$ 65° C., during this heating, and also when that temperature was reached, hydrogen was kept bubbling through the water. This all happened within one hour, a hydrogen apparatus being connected with the above mentioned tube *g*.

Further CO_2 was kept bubbling through the water by means of the same tube *g*, during 2 hours, whilst the water was kept permanently at $\pm$ 65° C.

Only after this was the tube *g* shut and the CO_2-apparatus connected with the reservoir **B** in the way shown in the figure.

In order to determine the quantity of free and half free CO_2 in this water, a flask of 100 cM^3. was filled (in a way to be discussed later on) with this water, which as will be clearly seen, had not been flowing along the *Helodea*-shoots. Thereupon this water was poured over as quickly as possible into another bottle, the contents of which were a little more than 160 cM^3. Immediately 50 cM^3. of a baryta-solution of $\pm$ 0.1 normal and 10 cM^3. of a $BaCl_2$-solution of $\pm$ 0.5 % were added to it, and so the flask was nearly filled. After closing, the flask was shaken

thoroughly, and was left to stand overnight. The next day 50 cM^3. of the clear liquid, which was above the precipitate was carefully pipetted and titrated with a solution of HCl of about o.1 N. From these data the total quantity of CO_2 (free and half free) could be calculated [1]).

From this titration which was repeated at every experiment, it appeared that the water, prepared in the way above described, contained in minimum 200 mgr. CO_2 pro Liter, generally the quantity was somewhat larger.

Now, 109 mgr. $KHCO_3$ can be obtained from the 75 mgr. potash which were added to the water before bubbling through the CO_2, which $KHCO_3$ is equivalent to 48 mgr. CO_2 per Liter. So the excess of 152 mgr. CO_2 must have been dissolved in the water.

From this we see firstly, that there is an excess of free CO_2 (as was to be expected), which is of importance, because it gives the certainty that all the K_2CO_3 has in fact been transposed into $KHCO_3$, which is harmless to the assimilation, unlike carbonate, the harmful influence of which has been shown by Nathanson.

But secondly we wish to draw attention to the fact that in our experiments the total quantity of CO_2 meant a large excess. Presently we will see that in these experiments quantities of oxygen were formed, which (in maximum) are equivalent to only 4.7 mgr. CO_2 pro Liter water. This means a very small decrease of the quantity of CO_2, which therefore remains practically constant during the experiment.

§ 3. Description of the method of the experiments and calculation of the results.

a. *Putting in the Helodea-shoots.* After the water has

---

[1]) This method has been derived from the: Codex Alimentarius, No. 3 „Het water."

been prepared in the manner described above, the shoots can be placed in the cylindrical vessel **A** for the assimilation-experiments,

Shoots having 700 à 750 leaflets (not counting the buds) were always chosen for the experiments.

The shoots were fastened with a piece of raffia to a glass rod, which, after removing the rubber stopper, was put in the vessel **A**, which was closed again afterwards. By means of the CO_2-apparatus the water was now passed from the reservoir **B** through the apparatus, but first the valve k_5 was shut, whilst the valve in tube *h* was open. In this way the air could escape from the tubes *a* and *b* and also from the reservoir **A**. After this the tube *h* was shut and the valve k_5 was opened.

Not before the air had been driven out of the other tubes and the water had flowed through the apparatus for some time (to take up all the air still attached to the sprigs and the glasswalls) was the water caught in the flasks.

b. Collecting the water. We have already told, that the water is caught in one of the flasks $\mathbf{F}_1$ and $\mathbf{F}_2$. The contents of these flasks being about 300 cM^3. was accurately measured. Before the rubber stoppers were put on, the flasks were filled up to the brim with an alcohol-solution of 7 $^0/_0$, tinged with methylenblue. The current of water was lead to the bottom of the flask by the tube *e* and displaced the blue alcohol which was floating on the surface. In this way, mentioned by Blackman[1]), I succeeded in collecting the water whilst avoiding its contact with the air. The disappearance of the blue colour told the moment when the whole was driven out of the flask and its contents consisted only of the ordinary effluent water.

By opening first the valve k_1 and shutting k_2 and by reversing the manipulation, $\mathbf{F}_1$ will be filled first and then

[1]) Proc. of the Roy Soc. of London. Vol. 83 B. 1911. p. 379.

F_2. Moreover, when F_2 is still being filled, F_1 can be replaced by a third flask F_3. In this way the water may be caught in a consecutive series of flasks, or, if necessary, also with regular intervals. After loosening the flasks they were immediately supplied with the reagents and then shut air-tight with a glass stopper.

c. Determination of the velocity of the watercurrent.

We showed already in § 1, that overflow of fluid, from the flasks, can be collected in the measuring cylinder **C**, which enables us to measure the velocity of the watercurrent. By opening the valves entirely, about 70 à 80 cM^3. water per minute streamed through our apparatus. Generally we measured the mean assimilation-rate during a period of $4^1/_2$ à 5 minutes. In this space of time about 350 cM^3. streamed through the apparatus, when the valves were opened entirely. Because of this we have ever since expressed the velocity of the watercurrent by measuring the time necessary for collecting 350 cM^3. water, also when the valves were not openend entirely.

d. Determination of the amount of oxygen.

After having fixed the amount of CO_2 in a sample of the water from the reservoir **B**, which had not flowed along the shoots, the (very small) amount of oxygen in a similar sample had to be determined. After this the water was guided along the *Helodea*-shoots by turning the valves, and then the amount of dissolved oxygen had to be determined from the water samples successively collected.

The amount of oxygen was determined according to the method of Winkler[1]), titrating with a N/100 solution of $Na_2S_2O_3$ the quantity of jodium equivalent to the oxygen dissolved in the water. Therefore in our

[1]) See: Tiemann—Gärtner: Handb. d. Unters u. Beurt. d. Wässer. S. 308. Braunschweig 1895.

tables, we will also mention the number of cM^3. N/100 $Na_2S_2O_3$ necessary for the titration.

It may incidentally be remarked here that the method of Winkler is also applied by Kniep[1]) for the investigation of the CO_2-assimilation. This investigator covered the water, in which the assimilating *Helodea*-shoots were put, with a layer of olive-oil. Apart from the circumstance that this method of arranging the experiments did not suit our purpose, it may be noticed here that some experiments done in the „Laboratory for microscopical anatomy" showed that this way of shutting off the oxygen is very imperfect. In fact in this way the oxygen of the air permeates as quickly into the water as when the water is directly in connection with the air.

e. Calculation of the average velocity of assimilation.

The quantity of oxygen present in the flasks having once been fixed, by means of these data and by taking into account the capacity of the flasks, the quantity of oxygen which would be present in 350 cM^3. water of the same concentration of O_2 can be immediately calculated.

We expressed the amount of oxygen by the equivalent quantities of N/100 $Na_2S_2O_3$; 1 cM^3. N/100 $Na_2S_2O_3$ being equivalent to 0.08 mgr. O_2.

Taking this quantity of $Na_2S_2O_3$-solution necessary for the original water to be: a_1, and that for the water after having flowed along the shootss: a_2 and indicating the velocity of the watercurrent by t, viz. the time in minutes necessary for collecting 350 cM^3. when the velocity was constant, then the average velocity of assimilation during the period of filling the flasks expressed in mgr. oxygen per minute is given by the following formula:

$$v = (a_2 - a_1) \frac{60}{t} \times 0{,}08 \text{ mgr.}$$

[1]) Jahrb. f. Wiss. Bot. 56, Pfefferband. 1915, S. 460. and Handwörterb d. Naturw. Bd. 7 (1912). S. 701.

f. Determination of the intensity of the light.

In the experiments with varying quantities of light the light of the lamp was measured by Weber's photometer, different resistances having been put in. As the intensity of the electric current could be considered to be constant, the intensity of the light could be deduced from the resistance that was put in during the experiment. In all our experiments the lamp was placed at the same distance from the *Helodea*-shoots, so that at that point the intensity of the light was changing proportionally to that of the lamp.

§ 4. Intensity of light and velocity of assimilation.

According to what has already been pointed out in the Introduction it is necessary to work with an excess of light-energy when studying the influence of temperature on the velocity of the assimilation. At least this is the view that is most accepted since Blackman's theory about limiting factors.

Therefore when presently discussing some experiments about the connection between the intensity of the light and the velocity of assimilation, we do not in the least mean to give an explanation of this interesting problem, which would require much more accurate investigations. We have only tried to find out which intensity of light was required in our way of arranging the experiments, to be sure of an excess of light-energy.

The experiments were performed at two temperatures, namely 24° C. and 36° C. The latter temperature, as will be evident later on, was not noxious to the assimilation function, though it was very near the injurious temperature.

It might be noted here that it was not sufficient to establish the required excess of light at a low temperature. It is possible that a quantity of light- energy which means

an excess at a low temperature, becomes a limiting factor at high temperature in consequence of the increase of velocity.

The results of the experiments with various intensities of light are given in the tables I and II. The period of exposition of the shoots to the different intensities of light is mentioned in the 3rd column. At each of the applied intensities two or more flasks were filled with water, which had been conducted along the *Helodea*-shoots. The indication and the contents of these flasks are given in the 4th column. The first flask of each series was filled with water, which had not flowed along the shoots, but had been collected directly.

Notwithstanding the inevitable errors in the observations, the results show that at both temperatures the rate of assimilation becomes independent of the light-intensity when this is more than about 2000 Hefner-candles.

From these results it seems right to suppose that the intensity of light might be a limiting factor. Further on it will appear whether this conclusion is to be considered correct.

At our further experiments an intensity of 2482 candles was applied, which was obtained by putting in a resistance of 1.1 Ω.

When the ligth is less than 2000 candles the velocity of assimilation seems to depend very much on the light-intensity. Even from our (rather rough) data one would draw the conclusion of a proportionality between these values. It should be noticed that the results of both tables are not to be compared, as they were obtained with different shoots.

§ 5. The velocity of the assimilation when the circumstances are constant and when the velocity of the watercurrent is changed.

It seemed not improbable that noxious influence would be effected by an action of the light during a longer

Table I.

Relation between the velocity of assimilation and the intensity of light at 24° C.

Resistance put in.	Intensity of the light of the lamp.	Begin and end of the exposition to the light.	Indication and contents of the flasks.	cM³ N/100 $Na_2S_2O_3$ per flask.	cM³. N 100 $Na_2S_2O_3$ per 350 cM³. water.	Time for collecting 350 cM³. water.	Rate of assimilation in mgr. O_2 per minute.
Water collected directly.		11*h*.22′—11.35′	A 277.7 cM³.	0.7	0.9	—	—
0 Ω	3377 candl.	11.50′—12.8′	C 316.9 cM³.	9.6	10.6	4′30″	0.169
			D 317.8 „	9.8	10.8	4′30″	0.174
			E 265.3 „	8.7	11.5	4′30″	0.193
1.1 Ω	2482 candl.	12.13′—12.31′	F 289.6 cM³.	9.4	11.3	4′35″	0.213
			G 291.9 „	9.4	11.2	4′50″	0.173
			H 314.6 „	10.2	11.3	4′50″	0.174
1.8 Ω	1816 candl.	12.38′—12.50′	I 297.5 cM³.	9.5	11.2	5′2″	0.154
			K 281.2 „	9.4	11.3	5′5″	0.167
3.1 Ω	1133 candl.	12.55′—1.7′	L 313.9 cM³.	9.9	11.0	5′15″	0.155
			M 303.8 „	8.6	9.9	5′15″	0.137
6.2 Ω	612 candl.	1.12′—1,22′	N 300.3 cM³.	6.2	7.2	7′16″	0.066

Table II.

Relation between the velocity of assimilation and the intensity of light at 36° C.

Resistance put in.	Intensity of the light of the lamp.	Begin and end of the exposition to the light.	Indication and contents of the flasks.	cM³. N/100 $Na_2S_2O_3$ per flask.	cM³. N/100 $Na_2S_2O_3$ per 350 cM³. water.	Time for collecting 350 cM³. water.	Rate of assimilation in mgr. O_2 per minute.
Water collected directly		11.45′—11.51′	A 277.7 cM³.	0.9	1.1	—	—
1.1 Ω	2482 candl.	12.11′—12.23′	E 265.3 cM³.	7.—	9.2	4′20″	0.147
			F 289.6 ,,	7.8	9.8	4′30″	0.150
0 Ω	3377 candl.	12.28′—12.40′	G 291.9 cM³.	8.2	9.8	4′31″	0.152
			H 314.6 ,,	8.4	9.3	4′37″	0.144

period than that mentioned in the preceding section. Such a detrimental influence would render the results of our further experiments somewhat uncertain.

Anyhow in the first place constancy of velocity of assimilation under unaltered circumstances at a harmless temperature should be required, else the experiments would not be reliable. In order to establish this, some *Helodea*-shoots were exposed during 1 hour at 24° C. to the light of 2482 candles, the water being collected in a continuous series of flasks. The filling of one flask took about $4^1/_2$ à 5 minutes.

On the whole 10 flasks were filled, the first one with water that had not streamed along the shoots. Table III shows the results of this experiment.

Table III.

The rate of assimilation when the circumstances are constant (24° C., 2482 candles).

Indication and contents of the flasks.	cM³. N/100 $Na_2S_2O_3$ per flask.	cM³. N/100 $Na_2S_2O_3$ per 350 cM³. water.	Time for collecting 350 cM³. water.	Rate of assimilation in mgr. O_2 per min.
A[1]) 277.7 cM³.	0.8	1.00	—	—
C 316.9 „	7.4	8.2	4′40″	0.124
D 317.8 „	8.9	9.8	4′40″	0.152
E 265.3 „	7.2	9.5	4′30″	0.152
F 289.6 „	8.3	10.—	4′37″	0.158
G 291.9 „	8.2	9.8	4′35″	0.155
H 314.6 „	8.6	9.5	4′40″	0.148
I 297.5 „	8.4	9.9	4′43″	0.152
K 281.2 „	8.—	9.9	4′45″	0.152
L 313.9 „	9.1	10.1	4′45″	0.151
M 303.8 „	8.6	9.9	4′55″	0.146

[1]) Water collected directly.

The first observation excepted, the differences between the numbers obtained were not larger than could be expected as a result of the many errors in the observation. Indeed the rate of assimilation seemed to be constant under unaltered circumstances.

The fact that at the first observation the numbers were lower than at the following ones, we have observed several times, and will be discussed further on.

In the previous experiment and the experiments about the influence of temperature, the velocity of the watercurrent was kept as constant as possible. However this did not succeed entirely, so it was necessary to examine the casual influence of the velocity of the watercurrent on the results. Table IV gives the results of a series of experiments, carried out on that purpose. The maximum velocity of the watercurrent, which could be obtained with our apparatus, was gradually diminished to the half. The first flask was as usual filled with water, that had not passed along the shoots.

Table IV.

The rate of assimilation when changing the velocity of the watercurrent (24° C., 2482 candles).

Indication and contents of the flasks.	cM³. N 100 $Na_2S_2O_3$ per flasks.	cM³. N 100 $Na_2S_2O_3$ per 350 cM³. water.	Time for collecting 350 cM³. water.	Rate of assimilation in mgr. O_2 per min.
A[1]) 277.7 cM³.	2.6	3.3	—	—
C 316.9 „	11.3	12.5	4′30″	0.164
D 317.8 „	11.6	12.8	4′30″	0.169
E 265.3 „	12.7	16.1	6′40″	0.162
F 289.6 „	14.3	17.3	7′5″	0.160
G 291.9 „	19.—	22.9	9′25″	0.164

[1]) Water collected directly.

From these results it is evident that the rate of assimilation is independent of the velocity of the watercurrent, therefore it was of no consequence that this velocity was not entirely constant in our experiments.

Still more important is a second conclusion which can be drawn from this result, viz. that the CO_2 was available in such an excess that the amount of CO_2 was not a limiting factor. For, decrease of the velocity of the watercurrent means a slower replacing of the water which is streaming along the shoots and which is loosing its CO_2. When this does not influence the rate of assimilation we may conclude that the assimilation has reached its maximum under the circumstances of our experiments.

§ 6. The assimilation and the temperature.

The way of arranging the experiments for different harmless temperatures needs no interpretation after the previous remarks. As to the experiments at injurious temperatures it is quite different, as then the velocity of assimilation is decreasing during the experiment. The only thing to do here is to determine a mean velocity during the period of filling the flask, which in our experiments was 4.5 à 5 minutes, the flasks being changed every 6 minutes. Supposing however the change of the velocity to be regular, then we might consider this mean velocity to be the real velocity 3 minutes after putting on the flask. So when changing the flasks every 6 minutes we thus establish the velocity of the assimilation 3, 9, 15 and 21 minutes after putting on the first flask.

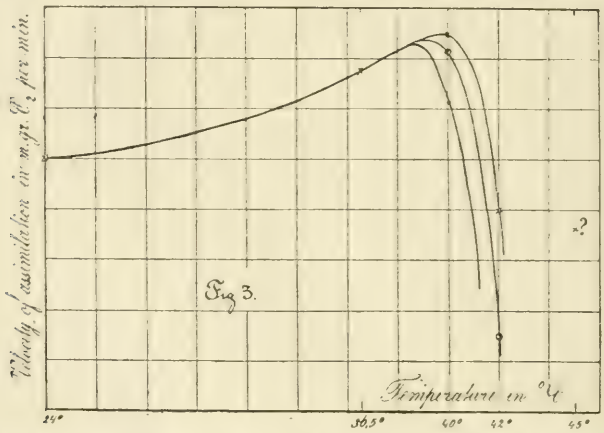
Moreover these experiments present the difficulties that fresh *Helodea*-shoots had to be used for every injurious temperature, so the results could not be compared with one another. This difficulty can be removed by determining the rate of assimilation of the shoots at a same harmless temperature before the beginning of the actual experiment

at the higher temperatures. As one may assume approximately that at other temperatures the velocities of assimilation are related in the same way as at this low temperature, all the results obtained can be reduced to a standard-value and so become comparable.

Now at the beginning of every experiment we always fixed the velocity of assimilation at 24° C. and finally we have calculated all values supposing that at 24° C. the shoots assimilated at a rate of 0.200 mgr. O_2 per minute.

The results are given in the Tables V and VI, the first of which is divided in 4 superdivisions according to the separate series of experiments. The last column of Table V shows the average of the 3 observations about the rate of assimilation at 24° C. In Table VI the recalculated velocities of assimilation are given.

Fig. 3 gives a diagram of the numbers of this last table,



in which the uncertainty of the numbers, based only upon a few experiments, must be taken into consideration.

From Table VI and from our diagram it follows firstly that damage of the assimilation-function only becomes perceptible at about 38° C. after the maximum time of heating which was used, viz about 40′.

Table V.

Relation between rate of assimilation and temperature (2482 candles).

1st Series of experiments.

Temperature.	Begin and end of the collecting of the water.	Indication and contents of the flasks.	cM³. N/100 $Na_2S_2O_3$ per flask.	cM³. N/100 $Na_2S_2O_3$ per 350 cM³. water.	Time for collecting 350 cM³. water.	Rate of assimilation in mgr. O_2 per min.
Water collected directly		A 277.7 cM³.	0.65	0.82	—	—
24° C.	6.6′—6.24′	C 316.9 cM³.	10.4	11.5	4′40″	0.184
		D 317.8 „	10.6	11.6	4′44″	0.185
		E 265.3 „	9.6	12.6	4′50″	0.198
36.5° C.	6.30′—7.0′	F 289.6 cM³.	13.3	16.1	4′40″	0.263
		G 291.9 „	14.3	17.2	4′55″	0.267
		H 314.6 „	14.9	16.6	5′5″	0.250
		I 297.5 „	14.8	17.5	5′10″	0.258
		K 281.2 „	14.1	17.5	5′25″	0.249

2nd Series of experiments.

Temperature.	Begin and end of the collecting of the water.	Indication and contents of the flasks.	cM^3. N/100 $Na_2S_2O_3$ per flask.	cM^3. N/100 $Na_2S_2O_3$ per 350 cM^3. water.	Time for collecting 350 cM^3. water.	Rate of assimilation in mgr. O_2 per min.
Water collected directly		A 277.7 cM^3.	0.8	1.—	—	—
24° C.	12.20′—12.38′	C 316.9 cM^3.	9.3	10.3	4′25″	0.169
		D 317.8 „	9.5	10.5	4′28″	0.169
		E 265.3 „	7.8	10.3	4′30″	0.166
40° C.	11.51′—1.21′.	F 289.6 cM^3.	12.8	15.5	4′40″	0.250
		G 291.9 „	12.8	15.4	4′30″	0.257
		H 314.6 „	13.9	15.5	4′30″	0.258
		I 297.5 „	12.2	14.4	4′30″	0.239
		K 281.2 „	10.4	12.6	4′40″	0.206

3rd Series of experiments.

Temperature.	Begin and end of the collecting of the water.	Indication and contents of the flasks.	cM³. N/100 $Na_2S_2O_3$ per flasks.	cM³. N/100 $Na_2S_2O_3$ per 350 cM³. water.	Time for collecting 350 cM³. water.	Rate of assimilation in mgr. O_2 per min.
Water collected directly		A 277.7 cM³.	1.6	2.—	—	—
24° C.	11.30′—11.48′	D 317.8 cM³.	11.9	13.1	4′32″	0.197
		E 265.3 „	10.2	13.5	4′32″	0.204
		F 289.6 „	11.4	13.8	4′45″	0.200
42° C.	11.58′—12.22′	G 291.9 cM³.	9.0	10.8	4′30″	0.158
		H 314.6 „	4.8	5.3	4′32″	0.059
		I 297.5 „	1.4	1.7	4′32″	0
		K 281.2 „	1.4	1.7	4′37″	0

4th Series of experiments.

Temperature.	Begin and end of the collecting of the water.	Indication and contents of the flasks.	cM³. N 100 $Na_2S_2O_3$ per flask.	cM³. N/100 $Na_2S_2O_3$ per 350 cM³. water.	Time for collecting 350 cM³. water.	Rate of assimilation in mgr. O_2 per min.
Water collected directly		A 277.7 cM³.	2.3	2	—	—
24° C.	11.7′—16.25′	C 316.9 cM³.	9.85	10.9	4′50″	0.134
		D 317.8 „	10.30	11.3	4′45″	0.142
		E 265.3 „	8.80	11.6	4′50″	0.144
45° C.	11.35′—11.53′	F 289.6 cM³.	7.40	8.9	4′30″	0.103
		G 291.9 „	2.40	2.9	4′30″	0.0
		H 314.6 „	2.30	2.6	4′35″	0.0

One could try to find through extrapolation the form of the curve, that would represent the relation between temperature and rate of assimilation at higher temperatures when noxious influences could be avoided. However we have given up this extrapolation, partly because we

Table VI.

Velocities of assimilation at different temperatures after different times of heating, recalculated on a velocity at 24° C. of 0.200 m.gr. O_2 per minute.

Time of heating.	Temperature.			
	36.5° C.	40° C.	42° C.	45° C.
3 min.	0.278	0,293	0.157	0.147
9 „	0.282	0.306	0.059	0.000
15 „	0.265	0.303	0.000	—
21 „	0.274	0.285	—	—
27 „	0.264	0.246	—	—

think the numbers obtained somewhat uncertain (a greater quantity of numbers, from which an average could be taken would be necessary), partly because we are convinced that in our experiments we did not determine the relation between the actual velocity of assimilation and the temperature.

§ 7. Final conclusions. By means of the values, to be read in fig. 3, we can calculate the temperature-coefficient $Q_{10} = \frac{V_{t+10}}{V_t}$ for the interval 24° — 34°, the latter temperature being certainly still harmless. When doing this we find a value of 1.26. Now, at such temperatures for most of the physiological processes a higher temperature-

coefficient is found. As a rule this even amounts to a value between 2 and 3, as in most chemical processes. By this circumstance it becomes very improbable that we really did determine the velocity of the assimilation-process itself. This is almost certain when we see nearer at the processes taking place in the *Helodea*-shoots during the experiments.

When those shoots are washed for some time with the water prepared in the way mentioned above, which contains no oxygen nor nitrogen and which is not saturated with CO_2, then all the gas in the intercellular spaces will be replaced by liquid. When light is thrown on it the protoplasm surrounding the grains of chlorophyl will first be saturated with oxygen and after that the cell-walls will be entirely or partly imbued with it. Through these walls the oxygen diffuses, partly directly to the outside, where it is carried off by the streaming water, partly to the water in the intercellular spaces, which is at rest. Now at a somewhat active assimilation this water may be saturated with oxygen.

If the surrounding water was not moved and if the water that is used had not been as free of oxygen as it is now, the diffusion of the CO_2 into the inside would be much quicker than the diffusion of the oxygen to the outside into the surrounding water (the diffusion-velocities in water being in a proportion of 24 : 1, according to Exner). This quicker diffusion would soon cause a saturation of the water in the intercellular spaces (connected with each other) followed by a liberation of gaseous oxygen which at last would escape through the cut end of the shoots.

In other words: here we would come again to the method of counting the liberated gas-bubbles, for the appreciation of which Kniep[1]) gave such correct views.

[1]) l. c.

From the fact, that no gas-bubbles escaped, follows that the produced oxygen was released so quickly to the outside, that either the over-saturation was not attained or not enough gaseous oxygen was produced to fill the intercellular spaces entirely. However in any case the liquid in the intercellular spaces will contain a good quantity of dissolved oxygen.

If the rate of assimilation increases by a rise of temperature it will cause but a small increase of the concentration of the oxygen in the water in the intercellular spaces. So the difference between the concentration of the oxygen inside the *Helodea*-shoots and the oxygen of the surrounding liquid can increase but a little or not at all. It is true, that the velocity of diffusion of the oxygen through the cell-walls to the outside will increase, but the temperature-coefficient of this physical process is small. It is not to be ascertained, whether the release of oxygen through the wall into the surrounding water will be influenced by raising the temperature. Here, indeed an evasion of the CO_2 from the wall and an invasion into the moving water takes place. Now Bohr [1]) demonstrated that the temperature-coefficient of the invasion of gaseous CO_2 in flowing water or saline solutions is small and negative, but that one of the evasion of CO_2 from a solution into the air is small and positive. So it seems very probable that the rate of the release of oxygen through the cell-walls into the surrounding water is modified but little by rise of temperature.

Yet this view cannot stand for the whole explanation. For, if a larger quantity of oxygen was not removed in some way into the surrounding water, when raising the temperature, the intercellular spaces would be entirely

---

[1]) Wiedemann's Ann. d. Physik u. Chemie. Bd. *62*, 1897. S. 644. Bd. *68*, 1899, S. 500.

filled with oxygen at the end. This gas would be given off in bubbles at the cut end. However it should be noticed that as soon as gaseous oxygen is emitted in these spaces, CO_2-laden water is pushed away from the interior cell-walls. In this way it is made comprehensible that an auto-regulation of the CO_2-assimilation takes place and that this is but little influenced by a rise of temperature. This view also explains the slower assimilation stated at the beginning of the experiments, because some time will have to elapse before the protoplasm, the cell-walls and the water in the intercellulars are saturated with oxygen. Moreover the proportionality between velocity of assimilation and intensity of light stated by us for light of less than 2000 candles comes in another view. For in light of less than 2000 candles we must consider that the auto-regulating action, referred to, will not occur. It is therefore very probable, that this auto-regulation is caused by the fact that the velocity of assimilation at a higher intensity of light has increased at such a rate that the deposit of gaseous oxygen into the intercellulars takes place, whilst this did not occur at a lower intensity. However this consideration renders doubtful the opinion, that the intensity of light could play the part of a limiting factor, which one would feel inclined to draw from our results in § 4.

Though the explanation mentioned above is to a certain degree hypothetical, yet it follows, that physical factors play a part in the experiments with *Helodea*-shoots. So it is very improbable, that the real assimilation-rate was measured. A similar conclusion may be drawn from many experiments of other investigators. Therefore one has to conclude, that only assimilating organisms of a very simple structure without intercellular spaces are fit for these kind of experiments.

This investigation has been carried out in the „Laboratory for Microscopical Anatomy" of the Technical Highschool. Herewith I wish to thank Prof. Dr. G. van Iterson Jr. for all the help he gave me and for enabling me to do these experiments.

Delft, October 1915.

BEITRÄGE ZUR KENNTNIS DER GALLEN VON JAVA.

7. Ueber die Morphologie und die Entwicklung der Galle von Eriophyes sesbaniae Nal. an den Blättern und Blumen von Sesbania sericea D. C. gebildet

von

W. und J. DOCTERS VAN LEEUWEN—REIJNVAAN

Bandoeng-Java.

(Mit 10 Figuren im Text).

EINLEITUNG.

Sesbania sericea ist eine sehr häufige Erscheinung in den Sümpfen, die hinter den Mangrovenwäldern oder in der Nähe der Fischteiche liegen. An verschiedenen Stellen, wie z.B. Djerakah ist sie selbst bestandbildend und die dichten Gesträuche mit ihrem blaugrünen Laubwerk sind schon aus der Ferne zu erkennen. Pflanzen von $1^1/_2$—2 m Höhe sind keine Seltenheit. Sowohl an Wegrändern, im Grase als auch im Graswildnisse, die nicht in direkter Nähe des Meeres liegen, kann man diese Pflanze finden. Letztere Exemplare sind aber meistens viel kleiner, als die des erstgenannten Fundortes.

Die Sumpfpflanzen sind fast immer, die Landpflanzen dagegen öfter von einer Gallmilbe infiziert, und unter

Einfluss genannter Tiere entstehen eigentümliche Gallen an den Blättern und Blumen, die den Hexenbesen ähnlich sehen und schon von weitem ins Auge fallen.

Diese Pflanze besteht meistens aus einem etwa $1^1/_2$ cm dicken holzigen Stamm, welcher zahlreiche schräg nach oben gerichteten langen Seitenäste trägt. Die Blätter dieser Pflanze sind von 10—15 cm lang; an jungen noch nicht verzweigten Exemplaren sind sie selbst noch länger und einfach gefiedert. In der Achsel eines Blattes findet man gewöhnlich einen Seitenast und einen Blütenstand. Vielmals selbst befindet sich in dieser Achsel noch eine dritte Knospe, die zu einem Ast mit Blättern und Blumen auswachsen kann. Der Blütenstand ist eine einfache, wenig blumentragende Traube. Die Blumen haben den gewöhnlichen Bau der Papilionaceenblumen. Die Korolle ist etwa 12 mm lang, schön gelb gefärbt und violet punktiert.

Die Gallen entstehen sowohl an den Blättern als auch an den Blumen, niemals jedoch fanden wir Gallen an den Stengeln oder derartige, die aus gewöhnlichen Knospen entstanden waren. Die Blätter werden bereits infiziert wenn sie noch in der Endknospe verborgen sind, die Blumen dagegen wenn sie noch ganz kleine Knospen sind. Die Blätter und Blumengallen unterscheiden sich von einander in einigen Punkten. Darum wollen wir sie jetzt erst getrennt besprechen.

Die infizierten Blätter tragen Büschel von gefiederten Blättern; nur selten wird ein ganzes Blatt verunstaltet. Meistens befinden diese Büschel sich an der Spitze des Blattes. Die vergallten Blumen entwicklen sich zu dichten Knäueln von kleinen knospenähnlichen Wucherungen die wieder zu dichten Büscheln von gefiederten Blättern auswachsen können. Näheres findet man darüber in dem betreffenden Abschnitte. Es ist uns nämlich nicht gut möglich in einigen kurzen Sätzen eine richtige Darstellung dieser Gallen zu geben.

Eine kurze Beschreibung gaben wir erstens in dem Begleitwort zu einer Sammlung von Niederländisch-Ostindischen Gallen und weiter in unseren Beiträgen „Einige Gallen aus Java." [1])

DIE GALLMILBEN.

Solange die Gallen noch jung sind, wohnen darin zahllose Milben, aber nach einiger Zeit, bei den Blattgallen früher als bei den Blumengallen, verlassen die Tiere ihre alte Wohnung und infizieren neue Pflanzenteile. Wie wir weiter sehen werden, verwandeln die von den Tierchen verlassenen Gallen sich in Blättern und Blättchen. Die Tiere infizieren die neuen Blätter als diese noch nicht aus ihrer Knospenlage hervorgekommen sind. Die Blätter sind dann noch sehr jung und oft sind die Seitenblättchen noch nicht ausgebildet oder nur eben angelegt. Die Blumen werden infiziert wenn die Blumenknospen kaum stecknadelknopfgross sind. Ihre Organe sind dann meistens noch völlig undifferenziert. In diese Knospen legen die Weibchen ihre Eier. Diese liegen meistens ganz dicht an der Epidermis der betreffenden Organe, und soweit wir das haben konstatieren können, war in vielen Fällen die Spitze des Eies in einer Epidermiszelle oder zwischen zwei Epidermiszellen eingeschoben. Diese Zellen bekommen dann bald

[1]) W. und J. Docters van Leeuwen—Reijnvaan. Einige Gallen aus Java. Siebenter Beitrag. N. 489. Figur 222. Bull. d. Jard. Bot. de Buitenzorg. Série 2. N. 15. 19.

W. Docters van Leeuwen. Begleitwort zu der Sammlung von Niederl. Ostindischen Gallen. Serie 1. 1912. N. 22. S. 9. Tafel 2. Figur 11.

ein krankhaftes Aussehen, weil das Protoplasma mit groben braunen Körnern gefüllt wird und auch die in der nächsten Nähe liegenden Zellen sehen dann nach kurzer Zeit mehr oder weniger kränklich aus.

In den trocknen Monaten sterben die Pflanzen ganz ab und sieht man nur ihre braunen verdorrten Reste. Wo die Tiere in dieser Zeit bleiben, ist uns noch ein Rätsel, das wir bis heute noch nicht haben lösen können. Sobald die neuen Pflanzen ausschlagen, kann man die Gallen auch hier und da wieder zurückfinden. Im Anfang sind sie ziemlich selten, nach und nach werden sie jedoch häufiger.

DIE BLATTGALLEN.

An den Blättern findet man die mannigfältigsten Verunstaltungen. In den meisten Fällen sind die Blätter sehr stark infiziert und dann ist von der Entwicklung wenig mehr zu sehen. Es ist dabei merkwürdig, dass die Blätter gewöhnlich an ihrer Spitze die Gallen tragen, wie das z.B. in den Figuren 1, 2, 3 und 5 zu sehen ist. In Figur 1 und 2 findet man ein Paar erwachsene stark infizierte Blätter, deren Spitzen von dicht auf einandergedrungenen Blättchen oder Blattanlagen bedeckt sind. Unter-

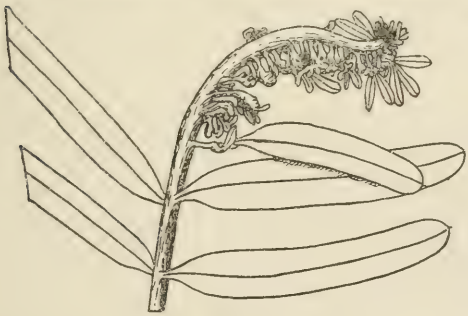


Fig. 1.

sucht man ein Blatt, wie in Figur 1 abgebildet ist, mit einer starken Lupe, dann macht es ganz den Eindruck als ob der Hauptnerv mit jungen Adventivknospen überdeckt ist. In unserer vorläufigen Beschreibung dieser Galle in den Beiträgen „Einige Gallen aus Java" haben wir den Namen Adventivknospen auch gebraucht, obschon nähere Untersuchungen uns lehrten, dass in der Tat von Knospen nicht die Rede sein kann. Bei der mikroskopischen Untersuchung der Entwicklungsstadien zeigte sich deutlich, dass es wohl Adventivgebilde, doch keine Knospen waren, wie wir weiter noch sehen werden..

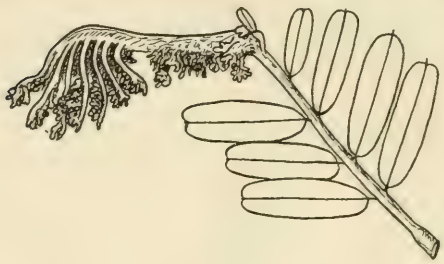


Fig. 2.

An den sehr stark infizierten Blättern wachsen die Adventivgebilde weiter, verzweigen sich dabei stark, lassen oft eine gewisse Regelmässigkeit in ihrer Anordnung erkennen, aber wachsen nicht oder nur zum kleinsten Teile zu echten Blättern aus. Diese stark vergallten Blätter bleiben ziemlich lange leben; endlich fallen die unveränderten Blättchen ab und die dichten Klumpen von Adventivwucherungen bleiben wie Wirrzöpfe an den Spitzen des Blattstieles sitzen. Selbst nach dem Absterben der ganzen Pflanzen bleiben diese braunen Gebilde noch sitzen. Die Gallenbildner selbst aber haben dann die Gallen schon längst verlassen.

Die Gallen können auch ganz an der Spitze der Blätter entstehen und dann werden oft ganz eigentümliche Gebilde geformt, wie z.B. in Figur 3 abgebildet ist. In einigen wenigen Fällen fanden wir auch Blätter, die an der Basis infiziert waren, siehe Figur 10.

Die Milben infizieren die jungen Blätter, als sie sich

noch in der Knospenlage befinden. In diesen Knospen sind natürlich Blätter in vielen Entwicklungsstadien zu finden. Die Tiere dringen zwischen diese jungen Blätter und Blattanlagen hinein, siedeln sich überall auf der Epidermis an und legen hierauf ihre Eier. Der Vegetationspunkt bleibt dabei gewöhnlich unbeschädigt. Die Eier findet man aber auch oft in nächster Nähe des Vegetationskegels, weiter an den eben zum vorscheinkommenden Blattanlagen und an den Spitzen der schon nach aussen wachsenden Blätter. Selbst können an all diesen Teilen Gallen entstehen, die

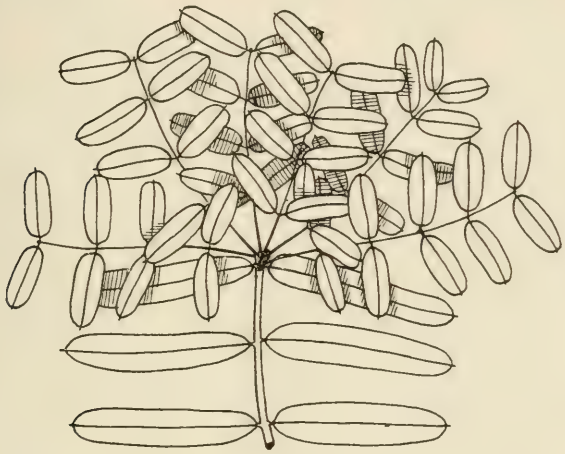


Fig. 3.

einander ganz ähnlich und von normalen Blattanlagen nicht zu unterscheiden sind. Unter Einfluss der Gallmilben entstehen also an der wachsenden Epidermis der im Wachstum begriffenen Knospenteile als Emporwölbungen obengenannte, echte Blattanlagen. Die Epidermis bleibt einschichtig, und wird von dem darunter sich vermehrenden Grundgewebe nach aussen hervorgewölbt. Einige Epidermiszellen wachsen dabei zu kurzen einzelligen Haaren aus. Die Oberfläche der erwachsenen Gallen ist dann auch

etwas rauh, ohne dass man direkt sagen könnte, dass die Gallen behaart seien.

Sobald die Blattanlagen etwas grösser geworden sind, entstehen an den Seiten dieser Anlagen wieder neue, und die Milben leben nun zwischen den sich immer mehr verzweigenden Blattanlagen. Dabei kann man wieder deutlich sehen, dass der Grad der Infektion von dem Alter der Knospenteile abhängig ist. Die allerjüngsten Blätter tragen oft faustgrosse Gallen, während die Blätter, welche zur Zeit der Infektion fast ganz ausgebildet waren und schon Seitenblättchen entwickelt hatten, gewöhnlich nur unscheinbare oder gar keine Gallen aufzuweisen hatten. Desto höher man aber kommt um so mehr und so stärker sind die Blätter vergallt. Schliesslich aber stellt der Vegetationspunkt doch sein Wachstum ein und dann stehen die Gallenklumpen dicht auf einander an die Spitze des Stengels gedrängt. Dies aber ist ein extremer Fall. Gewöhnlich bleibt die Pflanze weiter wachsen und findet man die Gallen nur an den Blättern.

Oft bilden die neugeformten Blattanlagen sich ganz regelmässig aus und entwickeln sich zu normalen Blättern, wie z.B. in dem in Figur 3 abgebildeten Fall.

Die merkwürdigsten Änderungen und Erscheinungen treten aber erst auf, als die Tiere die Gallen verlassen haben, oder wenigstens darin keine Eier mehr legen, sodass keine neue Emergenzen mehr gebildet werden. Die Nahrungsstoffe werden dann wohl noch angeführt und die Gallen können teilweise zu normalen Gebilden auswachsen. Dabei ist bemerkenswert, dass je weniger die Gallen ausgebildet sind, um so schöner entwickeln sie sich zu normalen Blättchen.

Bei den stark infizierten Exemplaren scheinen die Nahrungsstoffe auch nicht mehr so regelmässig angeführt zu werden und die Gallen können sich dann nicht mehr weiter entwickeln. Speziell bei den Blumengallen ist dies der Fall.

Die gebildeten Emergenzen zeigen sich nun wirklich als Blattanlagen. Man könnte sagen, dass die Milben die infizierten Pflanzenteile anregen zur Entwicklung von Blattanlagen, die embryonal bleiben solange sie von den Tieren bewohnt sind, aber doch die Fähigkeit besitzen zu Blättchen auszuwachsen, sobald die hemmende Wirkung der Tiere aufgehoben ist.

Am deutlichsten und instruktiefsten sieht man das natürlich an den nur wenig infizierten Exemplaren. In Figur 4 sind einige Seitenblättchen abgebildet, welche verschiedenen sonst normal ausgebildeten Blättern entnommen sind. Wahrscheinlich waren die Tiere nur vor kurzem in diese schon fast erwachsenen Blätter eingezogen. Die Emergenzen sind zu Seitenblättchen zweiter Ordnung ausgewachsen. Meistens entstehen sie an der oberen Hälfte der Blättchen und dabei fast nur an dem Hauptnerv derselben. Verschiedene Entwicklungsmöglichkeiten findet man in Figur 4. Bei h sind z.B. Seitenblättchen dritter Ordnung ganz regelmässig ausgebildet. In Figur 3 ist zu sehen, wie die an der Spitze des Blattes entstandenen Emergenzen zu sehr regelmässig fächerförmig ausgebreitenen Blättern ausgewachsen sind. Obschon wir tausende von Blättern untersucht haben, sind uns nur einige Male welche unter die Augen gekom-

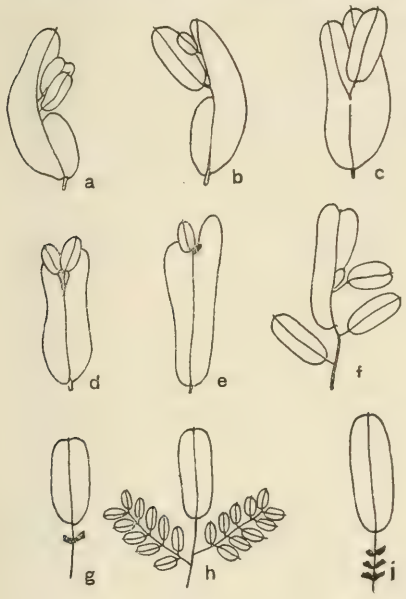


Fig. 4.

men, die die Blattanlagen auf der Spreite selbst ausgebildet zeigten.

An den stark infizierten Pflanzen kann man oft interessante Abnormalitäten auffinden, welche mit der Gallenbildung wenig zu tun haben; Nebenerscheinungen, welche uns sehen lassen, dass unter Einfluss eines Gallenreizes die normale Entwicklung völlig geändert werden kann, oft in Richtungen, die den Tieren gar kein Vorteil bieten. Man kann davon mehrere Beispiele in der Gallenliteratur finden, ich erinnere nur an die Vergrünungen, die Treub an den Köpfchen [1]) von *Hieracium* gefunden hat, deren Stengel von Aulacidea hieracii infiziert worden war. In den Figuren 5 und 6 haben wir zwei stark infizierte von den Milben aber frühzeitig wieder verlassene Blätter abgebildet. Auf dem Hauptnerve der Blätter sind zahlreiche Blumenknospen entstanden, einmal an der Oberseite andermal auch an der Unterseite derselben. Diese Knospen wachsen zu ganz normalen Blumen aus. In Figur 6 sieht man die Blumen im erwachsenen Zustand und ausserdem eine junge Frucht. Diese Früchte entwickeln sich auch normal und bilden oft keimbare Samen aus. In unserem Garten zu Semarang besassen wir eine Reihe von

Fig. 5.

[1]) M. Treub. Notice sur l'aigrette des Composées, à propos d'un monstruosité de l'*Hieracium umbellatum*. Archives Néerlandaises d. sc. phys. et nat. Tome VIII. p. 1.

Pflanzen entwickelt aus solchen Früchten entnommenen Samen. Wie zu erwarten war, zeigten diese Pflanzen alle

Fig. 6.

Eigentümlichkeiten der *Sesbania*pflanzen, und auch sie waren bald wieder von den Milben infiziert.

DIE BLUMENGALLEN.

Auch die Blumen werden oft von den Gallenmilben infiziert. Da die Infektion nicht jedesmal auf eine und

dieselbe Weise geschieht, es sei bei jungen oder alten Blumenknospen, entstehen Gebilde, die selbst sehr von einander abweichen können. Gewöhnlich sind die Blumen stark infiziert und sind dann so vollkommen verändert, dass von der ursprünglichen Struktur wenig mehr zu sehen ist. Die Milben dringen dann in die Blumenknospen, wenn diese noch sehr klein sind. Die verschiedenen Blumenorgane sind dann wohl schon angelegt, aber noch nicht differenziert. In diesem Falle wachsen die Anlagen schnell aus unter Einfluss der Milben und an allen Stellen entstehen die für diese Galle so karakteristischen Emergenzen, d. h. Blattanlagen in grosser Zahl. Der Kelch wird dabei gewöhnlich wenig verändert, er spaltet sich aber in mehrere Fetzen und aus der so entstandenen Öffnung kommt dann ein förmliches Gewirr von Blattanlagen zum Auswachs, sodass die ganze Galle viel Ähnlichkeit hat mit einem kleinen Kohl. Man vergleiche die beiden Gallen von Figur 7, a und b. Sind die Blumenknospen beim Anfang der Infektion noch jünger, dann können auch Wucherungen an dem Kelch entstehen, wie das in Figur 7 bei c zu sehen ist. Bei e ist eine veränderte Blume abgebildet, die noch früher infiziert war, sodass man kaum sehen kann, dass dieselbe eine vergallte Blumenknospe ist, und bei f ist zu sehen wie der Vegetationspunkt des Blütenstandes gänzlich in eine unkenntliche Masse von Blattanlagen verändert ist. Bei d jedoch ist eine spät infizierte Blume abgebildet und sieht man zwischen den stark vergallten Exemplaren

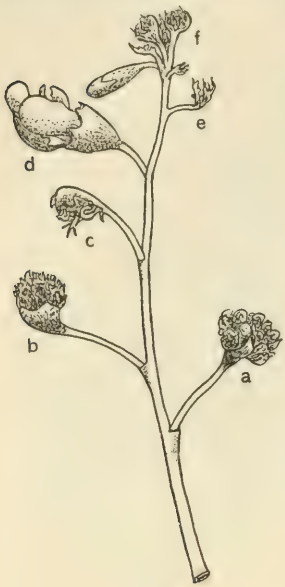


Fig. 7.

verhältnissmässig wenig veränderte, öfter sogar normale Blumen.

Die stark vergallten Blumen scheinen den Milben einen ausgezeichneten Schutz zu geben, da die Tiere darin in grosser Zahl leben und ihre Wohnung erst sehr spät verlassen. Demzufolge bleiben sich die Emergenzen fortwährend aufs neue bilden. Die Blattanlagen wachsen aber dann meistens später nicht mehr aus, werden braun, vertrocknen, sterben langsam ab oder verfaulen. Aber auch hier können Ausnahmen vorkommen. In Figur 10, z. B

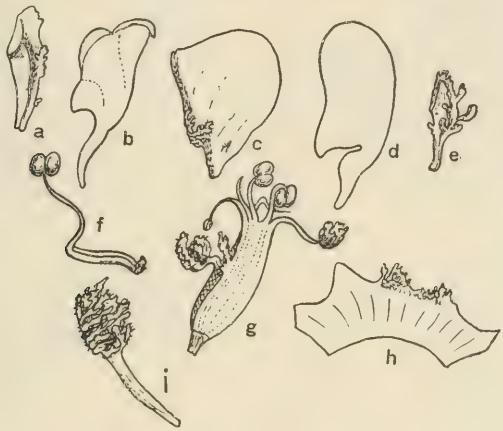


Fig. 8.

sind bei a und b zwei Blumengallen abgebildet, die später in Blätter ausgewachsen sind.

Bei den wenig geänderten Blumenknospen ist alles viel einfacher ersichtlich. In Figur 8 sind die verschiedenen Teile der in Figur 7 bei d abgebildeten wenig veränderten Blumen zu sehen. Der Kelch (bei h) ist nur sehr wenig infiziert, und zeigt nur an einer Stelle seines Randes kleine Auswüchse. Auch die Teile der Blumenkrone zeigen dasselbe, nur bei e war die Infektion eine etwas stärkere. Die Staubgefässe und der Stempel zeigen grössere Umwand-

lungen. Siehe f und g. Die Unterseite des Gynoeciums ist geschlossen geblieben, und enthält auch normale Samenknospen, der obere Teil dagegen ist geöffnet und vergallt. Zwischen diesen ganz wenig geänderten und den stark infizierten Blumen sind selbstredend zahllose Übergänge zu finden. Von einer derselben sind die Staubgefässe abgebildet. Siehe Figur 9. Von den Antheren aber ist nichts

Fig. 9.

Fig. 10.

mehr zu finden, diese sind völlig in eine Masse von Blattanlagen umgewandelt.

In verschiedenen Punkten erinnern die Blattgallen an den Wirrzopf-Hexenbesen die im Buitenzorger Garten in grosser Zahl an *Pometia pennata* entstehen. Diese sind bereits ausführlich von W. Magnus [1]) beschrieben. Wie

[1]) W. Magnus. Blätter, mit unbegrenztem Wachstum in einer Knospenvariation van *Pometia pennata* Forst. Ann. d. jard. bot. d. Buitenzorg. 3ième Supplément. 1910. S. 807.

seine Untersuchungen zeigten, entstehen auch in diesem Fall immer neue Blattanlagen, sodass der Hexenbesen aus einigen stark verzweigten Blättern besteht. Gallenbildner konnte Magnus nicht finden und auch wir hatten negatieves Resultat, obschon uns durch die Freundlichkeit des Herrn Dr. Boorsma reichliches Material zur Verfügung stand. Wir entdeckten dabei nur eine Gallmilbe. Merkwürdig war, dass unter diesem Material auch Blütenstände vorkamen, die die beschriebenen Wucherungen zeigten. So weit wir wissen ist dieser Fall noch nicht beschrieben.

Die gegenseitige Wirkung genotypischer Faktoren

von

TINE TAMMES.

Aus dem Botanischen Laboratorium der Universität Groningen.

Die Varietäten von *Linum usitatissimum* L. welche ich zu meinen Kreuzungsversuchen benutzte, zeigen was die Breite des Kronblattes betrifft drei Typen. Die Länge des Kronblattes ist bei zwei von diesen Typen aber die nämliche.

Das breiteste und zugleich das längste Kronblatt hat der sogenannte ägyptische Lein. Die Variabilitätskurve und den medianen Wert sowohl der Länge als auch der Breite habe ich früher [1]) mitgeteilt. Bei der Untersuchung, welche hier besprochen werden soll, war aber der Gebrauch der mittleren Werte vorzuziehen, weil die Anzahl der Messungen in einigen Fällen nicht gross war. Die folgende Mitteilung bezieht sich ausschliesslich auf die Breite, es genügt somit nur von dieser den mittleren Wert anzugeben. Derselbe beträgt 13.4 mm.

Unter Breite des Kronblattes verstehe ich hier, ebenso wie früher, stets die grösste Breite. Die Farbe der Blüte des ägyptischen Leins ist blau, wie früher mehrere Male besprochen wurde.

[1]) Das Verhalten fluktuierend variierender Merkmale bei der Bastardierung. Rec. d. Trav. bot. Néerl. Vol. VIII, 1911, S. 249.

Der zweite Typus der Kronblattbreite kommt beim gewöhnlichen, in der holländischen Provinz Groningen allgemein gezüchteten blaublühenden Lein vor und bei dem in einigen Gegenden der Provinz Friesland angebauten weissblühenden. Diese beiden Varietäten stimmen sowohl in der Länge als auch in der Breite des Kronblattes miteinander überein. Bei unter gleichen Bedingungen kultivierten Pflanzen betrug die mittlere Breite der Kronblätter bei 30 Blumen, von 30 verschiedenen Pflanzen stammend, für den gewöhnlichen blauen Lein 7.0 mm und für den gewöhnlichen weissen 7.1 mm. Der geringe Unterschied zwischen diesen beiden Werten ist hier ohne Bedeutung.

Der dritte Typus der Kronblattbreite kommt bei einer anderen weissblühenden Varietät vor. Diese wurde früher unter den Namen *Vilmorin* weiss [1]) und gekräuselt weiss [2]) beschrieben. Letzterer Namen wurde dieser Varietät zur Unterscheidung von dem gewöhnlichen weissen Lein gegeben, der ebenso wie der gewöhnliche blaue und der ägyptische vollkommen flache Kronblätter hat, während beim gekräuselten weissen Lein der Rand an der Spitze des Kronblattes einigermassen gekräuselt und an den Seiten nach oben eingerollt ist. Ausserdem unterscheiden die Kronblätter sich auch noch von denjenigen des gewöhnlichen blauen und weissen Leins durch die viel geringere Breite. Nur dieser Unterschied kommt hier in Betracht. Weil der Rand nur an der Spitze gekräuselt ist und die Spreite übrigens flach, kann die grösste Breite leicht bestimmt werden. Von 50 Pflanzen wurde die Breite je eines einzigen Kronblattes gemessen; der mittlere Wert betrug 3.3 mm, das ist noch etwas geringer als die Hälfte

---

[1]) Die Erklärung einer scheinbaren Ausnahme der Mendelschen Spaltungsregel. Rec. d. Trav. bot. Néerl. Vol. XI, 1914, S. 56.

[2]) Die genotypische Zusammensetzung einiger Varietäten derselben Art und ihr genetischer Zusammenhang. Rec. d. Trav. bot. Néerl. Vol. XII, 1915, S. 219.

des mittleren Wertes des anderen weissen und des gewöhnlichen blauen Leins. Die Länge des Kronblattes dagegen ist ungefähr dieselbe wie bei diesen letzten Varietäten. Die mittlere Länge der nämlichen 50 Kronblätter betrug nämlich 10.1 mm, während für den gewöhnlichen weissen Lein der mittlere wert der Länge 10.6 mm und für den gewöhnlichen blauen 10.3 mm beträgt. Der ägyptische Lein hat viel längere Kronblätter, der mittlere Wert derselben ist 16.2 mm.

Wie aus den mittleren Werten der Kronblattbreite, nämlich 13.4, 7.1, 7.0 und 3.3 mm hervorgeht, unterscheiden die genannten Varietäten sich für dieses Merkmal bedeutend voneinander. Zwei von den vier gehören zum nämlichen Breitetypus und zwar zu dem von 7 mm, aber diese zwei Varietäten haben eine verschiedene Blütenfarbe. In der folgenden Mitteilung soll nun das Verhalten der Kronblattbreite und der Zusammenhang zwischen der Breite und der Farbe bei den verschiedenen Kreuzungen zwischen diesen vier Varietäten behandelt werden. Für die Einzelheiten des Verhaltens der Blütenfarbe weise ich auf die oben erwähnte Abhandlung aus dem Jahre 1915 hin. Es genügt hier zu wissen, dass bei der Kreuzung einer blaublühenden Varietät mit einer weissblühenden in F_2 blau- und weissblühende Individuen entstehen. Die Zahlenverhältnisse derselben sind hier ohne Bedeutung. Erst sollen die verschiedenen Kreuzungen met den dabei auftretenden Erscheinungen nach einander besprochen werden und darauf die aus den gesamten Beobachtungen hervorgehenden Schlussfolgerungen.

Der gewöhnliche blaue und der gewöhnliche weisse Lein, welche eine verschiedene Blütenfarbe, aber dieselbe mittlere Breite, nämlich 7 mm haben, geben miteinander gekreuzt nur Nachkommen des nämlichen Breitetypus. Hieraus geht hervor, dass die zwei genannten Varietäten denselben Faktor oder dieselben Faktoren für die Breite des Kron-

blattes besitzen. Weil die weissen und die blauen Nachkommen, was die Breite betrifft, miteinander übereinstimmen, scheint bei dieser Kreuzung kein Zusammenhang zwischen der Breite und der Farbe des Kronblattes zu bestehen. Der gewöhnliche blaue Lein (mittl. Br. 7 mm) und der ägyptische (mittl. Br. 13.4 mm) unterscheiden sich voneinander, im Gegensatz zu den beiden Varietäten der vorhergehenden Kreuzung, nicht in Farbe aber wohl in Breite. Die bei dieser Kreuzung in Bezug auf die Breite auftretenden Erscheinungen sind früher [1]) von mir ausführlich beschrieben worden. Folgendes, das ich jener Mitteilung entnehme, genügt hier. Die erste Generation ist intermediär, die Breite des Kronblattes ist ungefähr das Mittel der Werte der beiden Eltern. In der zweiten Generation tritt Spaltung in mehrere Breitetypen auf. Infolge der fluktuierenden Variabilität sind die Grenzen zwischen den verschiedenen Gruppen aber unmerkbar und werden alle Übergange zwischen der Breite des gewöhnlichen Leins und der des ägyptischen beobachtet, in bestimmten Zahlenverhältnissen jedoch. Die F_2-Individuen mit einer Breite, welche ungefähr das Mittel von denjenigen der P-Varietäten ist, sind am zahlreichsten, während die Anzahl in dem Masse abnimmt wie die Breite der der P-Formen nähert. Alle F_2-Individuen zusammen geben für die Breite eine Kurve, welche scheinbar mit einer Variabilitätskurve übereinstimmt. Aus den gesamten Beobachtungen wurde abgeleitet, dass der ägyptische Lein einige in der gewöhnlichen Weise mendelnden Faktoren für die Breite mehr besitzt als der gewöhnliche blaue Lein. Weil alle Nachkommen blau sind und dennoch eine verschiedene Breite haben, sind auch bei dieser Kreuzung die Farbe und die Breite des Kronblattes scheinbar unabhängig voneinander.

Bei der Kreuzung des gewöhnlichen weissen Leins

---

[1]) l. c. Vol. VIII, 1911, S. 253.

(mittl. Br. 7 mm) mit dem ägyptischen (mittl. Br. 13.4 mm), welche sich sowohl in Breite als auch in Farbe voneinander unterscheiden, verhält die Breite sich in der nämlichen Weise wie bei der vorhergehenden. Auch hier ist die erste Generation intermediär und in der zweiten treten alle Übergänge zwischen der Breite des weissen und der des ägyptischen Leins auf. Hieraus kann geschlossen werden, dass auch diese beiden Varietäten sich in den Faktoren für die Breite voneinander unterscheiden und dass der ägyptische Lein einige Faktoren mehr besitzt als der gewöhnliche weisse. Ausserdem lehren die Beobachtungen, dass auch hier zwischen der Breite und der Farbe scheinbar kein Zusammenhang besteht. In der zweiten Generation kommen nämlich sowohl unter den weissen als auch unter den blauen Blüten schmale, breite und alle Übergänge vor; obgleich die weisse P-Varietät schmaler als die blaue ist. Die Breitefaktoren und die Farbefaktoren folgen scheinbar unabhängig voneinander der Mendelschen Spaltungsregel.

Ganz anders ist das Verhalten der Breite und der Zusammenhang zwischen der Breite und der Farbe bei der Kreuzung zwischen dem gewöhnlichen blauen (mittl. Br. 7 mm) und dem schmalblättrigen weissen Lein (mittl. Br. 3.3 mm). Diese unterscheiden sich voneinander, ebenso wie die P-Varietäten der vorhergehenden Kreuzung, sowohl in der Breite als in der Farbe. Hier aber stimmen, was die Breite betrifft, alle blauen Nachkommen mit dem gewöhnlichen blauen Lein überein und alle weissen mit dem schmalblättrigen weissen. Obgleich die Breite bei den beiden P-Varietäten, ebenso wie bei den zwei vorhergehenden Kreuzungen, eine verschiedene ist, entstehen hier dennoch keine Übergänge. Es bilden sich zwei deutlich getrennte Gruppen, eine mit breiteren blauen Blüten und eine mit schmaleren weissen, übereinstimmend mit je einer der zwei gekreuzten Varietäten. Es ergibt sich also, dass

hier, im Gegensatz zu den bisher besprochenen Kreuzungen, wohl ein Zusammenhang zwischen der Breite und der Farbe merkbar ist, stets geht breiter mit blau und schmaler mit weiss Hand in Hand.

Wenn man bloss die bei dieser Kreuzung auftretenden Erscheinungen kannte, würde man ohne Zweifel schliessen, dass hier ein und derselbe Faktor oder eine Gruppe von vollkommen gekoppelten Faktoren zugleich die grössere Breite und die blaue Farbe des Kronblattes bedingt. Die Untersuchung noch einer anderen Kreuzung, nämlich die zwischen dem ägyptischen (mittl. Br. 13.4 mm) und dem schmalblättrigen weissen Lein (mittl. Br. 3.3 mm), welche sich gleichfalls in Breite und in Farbe voneinander unterscheiden, lehrt aber, dass der wirkliche Zusammenhang zwischen der Breite und der Farbe eine andere ist, obgleich beide Merkmale dennoch auch nicht vollkommen unabhängig voneinander sind, wie scheinbar bei den zuerst besprochenen Kreuzungen der Fall ist.

Bei der genannten Kreuzung zwischen dem ägyptischen Lein und dem schmalblättrigen weissen ist nämlich die erste Generation blau und intermediär in Breite zwischen den beiden Eltern. In der zweiten Generation ist das Verhalten der erzeugten weissen und blauen Individuen in Bezug auf die Breite anders als bei den besprochenen Kreuzungen.

Von 300 verschiedenen weissblühenden F_2-Pflanzen wurde die Breite des Kronblattes einer einzigen Blüte bestimmt und ebenfalls von 300 blaublühenden. Während die Breite des Kronblattes der schmalblättrigen P-Varietät zwischen 2.1 und 4.2 mm variiert und die des ägyptischen Leins zwischen 10.5 und 16.4 mm gaben die weissen F_2-Pflanzen für die Breite 2.1—10.4 mm und die blauen F_2-Pflanzen 5.7—16.2 mm. Es ergibt sich, dass die weissen F_2-Pflanzen im allgemeinen viel schmaler sind als die blauen. Es werden also zwei Gruppen gebildet, eine mit

schmaleren weissen und eine mit breiteren blauen Blüten. Diese Gruppen stimmen aber nicht mit der weissen und der blauen P-Varietät überein, wie bei der Kreuzung zwischen dem schmalblättrigen weissen und dem gewöhnlichen blauen Lein der Fall ist. Die weissen sind im allgemeinen breiter als der schmalblättrige weisse Lein und die blauen im allgemeinen schmaler als der ägyptische. Es kommen bei beiden Übergänge in der Breite zwischen den beiden P-Varietäten vor. Dennoch stimmen die Erscheinungen nicht überein mit denjenigen, welche bei der Kreuzung zwischen dem gewöhnlichen weissen und dem ägyptischen Lein beobachtet wurden. Auch bei dieser Kreuzung traten in F_2 Übergänge in der Breite zwischen den beiden P-Varietäten auf, aber bei den weissen und den blauen in der nämlichen Weise, so dass die gesamten weissen mit den gesamten blauen übereinstimmten, während bei der Kreuzung des schmalblättrigen mit dem ägyptischen Lein die weissen und die blauen sich, was das Verhalten der Breite betrifft, voneinander unterscheiden. Den weisssen fehlen die sehr breiten, den blauen die sehr schmalen.

Um zu untersuchen welche die äusserst erreichbaren Grenzen für die Breite sind, wurden einige der weissen F_2-Pflanzen mit den breitesten Kronblättern weiter gezüchtet. Von der erhaltenen dritten Generation wurden wieder einige der breitesten für die weitere Kultur auserwählt und ebenso von der vierten und von der fünften Generation. Obgleich die Ernährungsumstände immer sehr günstig waren, war die grösste Breite, welche bei den 786 Pflanzen der zweiten bis sechsten Generation beobachtet wurde 11.4 mm. Diese Breite des Kronblattes zeigte eine Pflanze der vierten Generation. Bei den Nachkommen dieser Pflanze in der fünften und in der sechsten Generation kam diese Breite sogar nicht wieder vor; das Maximum betrug in F_6 10.5 mm. Es ergibt sich also, dass die breitesten weissen nur wenig das Minimum der Breite

des ägyptischen Leins überschreiten und die mittlere Breite sogar nicht erreichen.

In derselben Weise wurden während einiger Jahre die schmalsten blauen weiter gezüchtet, zudem unter weniger günstigen Nahrungsbedingungen. Es zeigte sich, dass das äusserste Minimum 5.7 mm war. Blaue Blüten, welche in der Breite des Kronblattes mit der des schmalblättrigen weissen Leins übereinstimmten, kamen unter den 722 untersuchten Pflanzen bis in die fünfte Generation gar nicht vor.

Bei dieser Kreuzung entstehen somit indertat zwei Gruppen, eine mit schmaleren weissen und eine mit breiteren blauen Blüten. Auch beim weiter Züchten der heterozygotischen F_2- und F_3-Pflanzen war dies der Fall; stets waren die weissen im allgemeinen schmaler als die zugleich gebildeten blauen.

Das Verhalten der Breite bei dieser Kreuzung ist scheinbar nicht in Übereinstimmung mit der Mendelschen Spaltungsregel. Die zwei gekreuzten Varietäten zeigen einen grossen Unterschied in der Breite und unter den Nachkommen kommen auch wohl intermediäre Formen vor. Dennoch zeigt die zweite Generation nicht die gewöhnliche Erscheinung der Mendel-Spaltung, welche bei Merkmalen die fluktuierend variieren, beobachtet wird, wenn die Grenzen zwischen den verschiedenen in F_2 gebildeten Gruppen unmerkbar sind. Dabei geben die gesamten F_2-Individuen für die Breite eine Kurve, welche sich vom Minimum der schmalsten bis zum Maximum der breitesten P-Form erstreckt und deren Gipfel ungefähr beim Mittelwert der beiden P-Formen liegt. Hier aber gibt die ganze zweite Generation für die Breite eine Kurve, die sich zwar vom Minimum des schmalblättrigen weissen bis zum Maximum des ägyptischen Leins erstreckt, welche aber zwischen beiden zwei Gipfel aufweist. Weil nun der nach der Minimumseite liegende Teil der Kurve mit dem

einen Gipfel durch die weissen, der andere Teil mit dem zweiten Gipfel durch die blauen F_2-Individuen gebildet wird, ergibt sich, dass hier ein Zusammenhang zwischen der Breite und der Farbe besteht, welcher vielleicht die Ursache des abweichenden Verhaltens der Breite ist. Dennoch ist dieser Zusammenhang nicht einfach so, dass mit der grösseren Breite auch die blaue Farbe Hand in Hand geht, weil derselbe Faktor oder dieselben Faktoren zugleich die Breite und die blaue Farbe verursachen, oder weil die Faktoren für die Breite vollkommen gekoppelt sind, wie es bei der Kreuzung des gewöhnlichen blauen Leins mit dem schmalblättrigen weissen scheinbar vorkommt. Wäre dies der Fall, so müssten alle weissen Nachkommen den Breitetypus des schmalblättrigen weissen Leins zeigen und alle blauen Nachkommen den Breitetypus des ägyptischen. Dem ist aber nicht so; es gibt weisse, die breiter als die weisse P-Varietät sind und blaue, welche schmaler sind als die blaue P-Varietät. Wollte man für die bei dieser Kreuzung auftretenden Erscheinungen dennoch in dieser Richtung eine Erklärung suchen, so würde man eine unvollkommene Koppelung der Faktoren für die Breite und für die Farbe annehmen müssen, wobei man sehr verwickelte Verhältnisse voraussetzen müsste. Hiergegen lassen sich aber manche Einwände erheben und es liegt deshalb auf der Hand eine andere Erklärung für den erwähnten eigentümlichen Zusammenhang zwischen den beiden Merkmalen zu suchen. Nun sind durch die früheren Kreuzungsuntersuchungen [1]) dieser Lein-Varietäten verschiedene darin vorhandenen Faktoren nachgewiesen und es ist mittelst der Kenntnis dieser Faktoren und deren Wirkung möglich eine befriedigende Erklärung zu geben nicht nur von den bei der letztgenannten Kreuzung auftretenden Erscheinungen, sondern auch von der Tatsache,

---

[1]) l. c. Vol. XII, 1915, S. 217.

dass bei den verschiedenen Kreuzungen das Verhalten der Breite und der Zusammenhang zwischen Breite und Farbe in so starkem Masse schwankt.

Früher ist nachgewiesen worden, dass die genotypische Zusammensetzung des gewöhnlichen blauen und des ägyptischen Leins für die Farbe der Blüte AABBCC ist; für den gewöhnlichen weissen Lein ist die Formel AABB und für den schmalblättrigen weissen AACC. Die Faktoren B und C bedingen zusammen die blaue Farbe, aber jeder für sich ist nicht im Stande dieselbe zu verursachen. Ausserdem beeinflussen B und C noch andere Merkmale, wie früher ausführlich besprochen worden ist. A ist ein Verstärkerungsfaktor der Farbe; dieser bleibt hier aber ausser Betracht.

Aus der genotypischen Zusammensetzung des gewöhnlichen weissen Leins und des schmalblättrigen weissen folgt, dass bei der hier noch nicht besprochenen Kreuzung dieser beiden Varietäten Individuen von der Zusammensetzung AAbbcc gebildet werden. Diesen Individuen fehlen somit sowohl B als auch C. Dieselben zeigen aber die nämliche Breite des Kronblattes als der gewöhnliche weisse Lein. Dieses beweist, dass die Faktoren B und C nicht die Breite des Kronblattes bedingen, sondern dass andere Faktoren für die Breite in den beiden gekreuzten Varietäten vorkommen. Wären diese Breitefaktoren für die beiden Varietäten verschiedene, so müssten die genannten Individuen einen verschiedenen Breitetypus zeigen, einige müssten schmal sein wie der schmalblättrige Lein, andere breiter wie der gewöhnliche weisse Lein, oder intermediär, möglich sogar noch schmaler oder breiter als die P-Varietäten. Dem ist aber nicht so. Alle Individuen von der Zusammensetzung AAbbcc zeigen den nämlichen Breitetypus. Hieraus folgt, dass der gewöhnliche weisse und der schmalblättrige weisse Lein dieselben Faktoren für die Breite haben. Dennoch ist der schmalblättrige Lein schmaler

als der gewöhnliche weisse. Es muss somit in dieser Varietät eine Ursache vorhanden sein, welche die Wirkung der Breitefaktoren teilweise verhindert. Das muss der Faktor C sein, denn sobald dieser Faktor fehlt, wie in den obengenannten in F_2 gebildeten Individuen von der Zusammensetzung AAbbcc, ist die Breite der des gewöhnlichen weissen Leins gleich. Der Faktor C, welcher mit B zusammen die blaue Farbe verursacht, ergibt sich somit als ein Hemmungsfaktor für die Breitefaktoren. Im gewöhnlichen blauen Lein AABBCC ist aber der Faktor C auch vorhanden, während dieser Lein dennoch nicht schmaler als der gewöhnliche weisse ist. Die Ursache hiervon muss die Anwesenheit des Faktors B sein, welcher die hemmende Wirkung von C auf die Breitefaktoren verhindert. Dieses stimmt überein mit dem früher [1]) von mir Mitgeteilten über die Wirkung der Faktoren B und C in Bezug auf das Gekräuseltsein des Randes der Kronblätter, die Anzahl der Samen pro Frucht und die Keimungsfähigkeit der Samen. Der Faktor C nämlich verursacht auch dieses Gekräuseltsein der Kronblätter und eine Herabsetzung von der Anzahl der Samen pro Frucht und von der Keimungsfähigkeit der Samen, während der Faktor B diese Wirkung von C verhindert. Hier sehen wir dasselbe Verhalten der Faktoren B und C der Breite gegenüber auftreten; C verursacht eine Herabsetzung der Breite und durch B wird die hemmende Wirkung von C wieder aufgehoben.

Jetzt muss untersucht werden ob alle bei den verschiedenen Kreuzungen beobachteten Erscheinungen mit dieser Auffassung über das Vorhandensein von Breitefaktoren und die Wirkung der Faktoren B und C auf dieselben indertat befriedigend und vollkommen erklärt sind.

Der gewöhnliche blaue Lein AABBCC und der gewöhnliche weisse AABB, welche dieselbe Breite haben und

---

[1]) l. c. Vol. XII, 1915, S. 217.

miteinander gekreuzt nur Nachkommen dieser Breite geben, bilden bei der Kreuzung kein einziges Individuum, worin der Faktor C allein d. h. ohne B vorkommt. Entweder C fehlt den Nachkommen, wie in den weissen, oder ausser C ist auch B vorhanden, wie in den blauen Nachkommen der Fall ist. In keinem einzigen Individuum werden die Breitefaktoren in ihrer Wirking gehemmt und dieses erklärt dass alle Nachkommen sowohl die weissen als auch die blauen dieselbe Breite haben.

Auch bei der Kreuzung zwischen dem gewöhnlichen blauen Lein AABBCC und dem ägyptischen AABBCC und bei der zwischen dem gewöhnlichen weissen AABB und dem ägyptischen AABBCC entstehen keine Nachkommen, welche C besitzen ohne dass zugleich auch B vorhanden ist. Bei keinem einzigen Individuum werden die Breitefaktoren gehemmt. Was den bei diesen beiden Kreuzungen vorkommenden Unterschied in Breite zwischen den P-Varietäten betrifft, werden die Erscheinungen sich somit nicht ändern und in der Weise auftreten wie nach der Spaltungsregel zu erwarten ist und wie auch indertat beobachtet wurde.

Bei der zweiten Kreuzung, nämlich bei der zwischen dem gewöhnlichen weissen und dem ägyptischen Lein, unterscheiden die P-Varietäten sich ausser in Breite auch noch in Farbe und hier wurde beobachtet, dass diese beiden Merkmale sich vollkommen unabhängig voneinander verhalten. Dieses lässt sich jetzt verstehen, denn den weissen Nachkommen fehlt C und in den blauen wird die Wirkung von C durch B aufgehoben; sowohl in den weissen als auch in den blauen Individuen sind die Breitefaktoren ungehemmt. Aber jetzt ergibt sich zugleich, dass die vollständige Unabhängigkeit der Farbe von der Breite nur äusserlich ist. In gewisser Hinsicht besteht wohl ein Zusammenhang zwischen beiden, denn der nämliche Faktor C, der für das Entstehen der blauen Farbe notwendig ist,

wirkt hemmend auf die Breitefaktoren und wenn aus den blaublühenden Nachkommen nur der Faktor B verschwände, so würde dadurch sowohl die Farbe als auch die Breite verändern. Die Farbe würde weiss, weil C allein die blaue Farbe nicht verursachen kann und die Breite würde herabgesetzt werden unter dem Einfluss von dem dann allein vorhandenen Faktor C. Bei der genannten Kreuzung sind infolge der Anwesenheit von B die Verhältnisse aber derart, dass der Zusammenhang zwischen den Faktoren für die Breite und die Farbe nicht merkbar ist und diese Merkmale unabhängig voneinander auftreten. Es ergibt sich also, dass wenn bei einer Kreuzung zwei Merkmale sich vollkommen unabhängig voneinander verhalten, hieraus nicht geschlossen werden darf, dass auch zwischen den Faktoren für diese Merkmale kein einziger Zusammenhang besteht.

Bei der Kreuzung des gewöhnlichen blauen Leins AABBCC mit dem schmalblättrigen weissen AACC, welche sich im Breite und in Farbe voneinander unterscheiden, wurde ein vollkommener Zusammenhang zwischen diesen beiden Merkmalen beobachtet. Alle blauen Nachkommen zeigten den Breitetypus des gewöhnlichen blauen Leins, alle weissen hatten den schmalen Typus wie die weisse P-Varietät. Auch dieses versteht sich jetzt. Oben ist gezeigt worden, dass der schmalblättrige weisse Lein dieselben Breitefaktoren besitzt wie der gewöhnliche blaue Lein. Alle Nachkommen der Kreuzung dieser beiden Varietäten werden somit auch dieselben Breitefaktoren haben. Nun besitzen die blauen Nachkommen ausser diesen Breitefaktoren alle die Faktoren B und C beide, die weissen aber ausser den Breitefaktoren nur C. In allen blaublühenden sind die Breitefaktoren also ungehemmt, dieselben werden demzufolge alle die Breite der blauen P-Varietät haben. In den weissblühenden Nachkommen dagegen sind die Breitefaktoren gehemmt, sie werden ebenso wie die weisse P-Varietät schmaler sein. Es ergibt sich, dass auch hier

der Zusammenhang zwischen der Breite und der Farbe ein anderer ist, als man ohne weiteres aus dieser Kreuzung schliessen würde. Die blaue Farbe und die grössere Breite des gewöhnlichen blauen Leins sind nicht die Folge von der Anwesenheit eines einzigen Faktors oder einer Gruppe von Faktoren, bei deren Abwesenheit die Farbe weiss und die Breite geringer sein würde, sondern das Verhältnis ist ein anderes. Der Faktor B, welcher im gewöhnlichen blauen Lein vorhanden ist, dem schmalblättrigen weissen aber fehlt, ist kein Faktor für Farbe und Breite beide. In beiden Varietäten sind andere Faktoren als B für die Breite anwesend und in beiden die nämlichen; aber in der schmalblättrigen weissen sind sie durch C gehemmt in der gewöhnlichen blauen durch die Anwesenheit von B und C beiden ungehemmt.

Auch die verwickelteren Erscheinungen die bei der Kreuzung zwischen dem ägyptischen AABBCC und dem schmalblättrigen weissen Lein AACC beobachtet wurden, können jetzt vollkommen erklärt werden. Der Unterschied zwischen diesen Varietäten ist, was die Faktoren für die Breite betrifft, gerade der nämliche als der zwischen dem ägyptischen und dem gewöhnlichen blauen und als der zwischen dem ägyptischen und dem gewöhnlichen weissen Lein. Der schmalblättrige weisse Lein hat ja, wie oben gezeigt wurde, dieselben Breitefaktoren als der gewöhnliche blaue und der gewöhnliche weisse. Weil nun die Breitefaktoren ganz unabhängig von der An- oder Abwesenheit der Faktoren B und C der Spaltungsregel folgen, werden also die Nachkommen, was das Vorkommen der Breitefaktoren darin betrifft, vollkommen übereinstimmen mit den Nachkommen der Kreuzung des ägyptischen Leins mit dem gewöhnlichen blauen oder mit dem gewöhnlichen weissen. Wären keine anderen Ursachen vorhanden, so würden die F_2-Individuen zusammen alle Übergänge zwischen der Breite des gewöhnlichen blauen oder weissen Leins

und der des ägyptischen aufweisen. Individuen mit Kronblättern ebenso schmal wie die des schmalblättrigen weissen Leins würden nicht vorkommen, denn wie nachgewiesen wurde, stimmt diese Varietät in den Breitefaktoren mit dem gewöhnlichen blauen und dem gewöhnlichen weissen Lein überein. Ausserdem würde zwischen den blauen und weissen F_2-Individuen kein Unterschied in der Kronblattbreite bestehen. Je nachdem aber entweder der Faktor C allein, oder die Faktoren B und C zusammen vorhanden sind, ändern sich die Erscheinungen. Die blauen Nachkommen besitzen sowohl B als auch C, die hemmende Wirkung von C ist also aufgehoben und die blauen F_2-Individuen müssen alle Übergänge zwischen der Breite des gewöhnlichen blauen oder weissen und der des ägyptischen Leins aufweisen. Die schmalsten blauen Nachkommen müssen also nicht mit der schmalblättrigen weissen Varietät übereinstimmen, sondern mit dem gewöhnlichen blauen oder weissen Lein; die breitesten müssen in der Breite dem ägyptischen Lein gleich sein, wie beides auch indertat beobachtet wurde. Die weissen Nachkommen dieser Kreuzung besitzen alle nur den Faktor C; bei allen Individuen wird die Breite somit geringer sein als nur infolge der vorhandenen Breitefaktoren der Fall sein würde. Dieselben besitzen aber nicht alle nur die Breitefaktoren des schmalblättrigen weissen Leins, sondern einige Individuen haben sogar die nämlichen Breitefaktoren als der ägyptische Lein, andere sind in Bezug auf das Vorhandensein der Breitefaktoren intermediär. Die Individuen, welche dieselben Breitefaktoren als der schmalblättrige weisse Lein besitzen, werden, weil sie ebenso wie dieser nur den Faktor C haben, auch in der Breite mit dieser P-Varietät übereinstimmen. Die Individuen, welche dieselben Breitefaktoren wie der ägyptische Lein besitzen, werden aber, infolge der Anwesenkeit von C, nicht den Breitetypus dieser P-Varietät aufweisen, sondern dieselben

werden schmaler sein. Die weissen F_2-Individuen zusammen werden somit eine Breite zeigen, welche zwischen dem Minimum des schmalblättrigen weissen Leins und einer Breite, geringer als das Maximum des ägyptischen Leins, schwankt. Die oben mitgeteilten Beobachtungen stimmen hiermit überein, die breitesten weissen Nachkommen dieser Kreuzung erreichen sogar den mittleren Wert des ägyptischen Leins nicht, sie überschreiten nur weinig das Minimum.

Auch das Verhalten in der dritten und in den folgenden Generationen ist mit dem Besprochenen in Übereinstimmung. Eine heterozygotische blaue F_2-Pflanze mit Kronblättern von 13 mm Breite gab blaue Nachkommen mit einer Breite von 9.1 bis 14 mm und weisse mit einer Breite von 7.1 bis 11.1 mm. Ein anderes schmaleres, heterozygotisches blaues F_2-Individuum mit einer Kronblattbreite von 9 mm gab blaue F_3-Pflanzen von 7 bis 10.7 mm und weisse von 4 bis 6.5 mm Breite. Erstere breitere F_2-Pflanze besass eine grössere Anzahl von Breitefaktoren als die zweite, wie auch bei den Nachkommen bemerkbar ist, aber bei beiden haben die weissen F_3-Individuen infolge der Wirkung von C schmalere Kronblätter.

Im Vorhergehenden ist gezeigt worden, dass alle bei den verschiedenen Kreuzungen beobachteten Erscheinungen ohne Ausnahme durch die Wirkung der Faktoren B und C im Zusammenhang mit den vorhandenen Breitefaktoren vollkommen erklärt werden können. Nun liegt noch die Frage nach der Intensität der hemmenden Wirkung von C nahe. Beeinflusst C nur die im gewöhnlichen blauen und im gewöhnlichen weissen Lein vorkommenden Breitefaktoren, oder empfinden die im ägyptischen Lein ausserdem noch vorhandenen anderen Breitefaktoren auch die hemmende Wirkung von C? Aus den Beobachtungen kann hierüber wohl etwas geschlossen werden. Die mittlere Breite des gewöhnlichen blauen Leins ist 7.0 mm und die

des gewöhnlichen weissen 7.1 mm, während die des schmalblättrigen weissen 3.3 mm ist. Infolge der hemmenden Wirkung von C wird die Breite also 3.7 bis 3.8 mm herabgesetzt. Nun war bei der Kreuzung des ägyptischen mit dem schmalblättrigen weissen Lein die mittlere Breite von 100 blauen F_2-Individuen 10.8 mm und von 100 weissen 4.6 mm, das ist ein Unterschied von 6.2 mm. Hier, wo auch die dem ägyptischen Lein eigentümlichen Breitefaktoren vorhanden sind, ist die durch C verursachte Herabsetzung der Breite grösser. Dasselbe ergibt sich auch aus der Vergleichung des Maximums, das von den weissen Nachkommen dieser Kreuzung erreicht wird mit dem Maximum des ägyptischen Leins. Ersteres beträgt 11.4 mm, letzteres 16.4 mm, das ist ein Unterschied von 5 mm, also bedeutend mehr als die Herabsetzung der Breite des gewöhnlichen blauen und des gewöhnlichen weissen Leins unter Einfluss von C.

Wie auch andere Untersucher schon mehrfach nachgewiesen haben, besitzt die Pflanze nicht nur voneinander unabhängige Faktoren; denn in vielen Fällen hängt die bemerkbare Manifestation eines Faktors von der An- oder Abwesenheit mehrerer anderen Faktoren ab. Es ist sogar wahrscheinlich und wird wohl allgemein angenommen, dass kein einziger Faktor ganz unabhängig von anderen ist; sondern dass die Faktoren sich in vielen Fällen nur scheinbar so verhalten, weil die zwei gekreuzten Formen, welche sich bei der Untersuchung in einem einzigen bestimmten Faktor voneinander unterscheiden, für andere damit im Zusammenhang stehenden Faktoren miteinander übereinstimmen. So ergibt sich z. B. aus der Kreuzung des gewöhnlichen blauen Leins AABBCC mit dem gewöhnlichen weissen AABB nur, dass ersterer einen einzigen Faktor, nämlich C mehr besitzt als letzterer, aber nicht dass dieser Faktor C in gewisser Hinsicht von B abhängig

ist und nur bei Abwesenheit von B eine hemmende Wirkung auf die Breitefaktoren ausüben kann.

Aus der im Vorhergehenden beschriebenenen Untersuchung hat sich nun ergeben, dass die Faktoren in sehr verwickelter Weise miteinander zusammenhangen und einander beeinflussen können. Die in den untersuchten Varietäten von *Linum usitatissimum* vorhandenen Faktoren für die Breite des Kronblattes werden von einem anderen Faktor, nämlich vom Faktor C gehemmt, während wieder ein anderer Faktor, nämlich B, imstande ist die hemmende Wirkung von C wieder aufzuheben; B ist ein Hemmungsfaktor des Hemmungsfaktors C.

Weil die Faktoren B und C ausserdem zusammen die blaue Farbe der Blüte verursachen, entstehen verwickelte Verhältnisse in Bezug auf den Zusammenhang zwischen der Breite und der Farbe der Kronblattes.

Von dem Vorkommen von Hemmungsfaktoren sind einige Fälle bekannt, aber so viel ich weiss, ist das Vorhandensein von Faktoren, welche die hemmende Wirkung der Hemmungsfaktoren wieder aufheben, bis jetzt nicht nachgewiesen worden.

Ausserdem ergibt sich aus dem Vorhergehenden, dass die Resultate von verschiedenen Kreuzungen einiger Varietäten zu verschiedenen einander sogar scheinbar widersprechenden Schlussfolgerungen führen können. Kennte man nur die Resultate der Kreuzung des gewöhnlichen blauen Leins mit dem schmalblättrigen weissen, so wäre man zu der Überzeugung gelangt, dass im gewöhnlichen blauen Lein die Breite und die Farbe des Kronblattes von demselben Faktor oder von denselben Faktoren bedingt werden, oder dass die Faktoren für diese Merkmale in diesen Varietäten vollkommen gekoppelt sind.

Wären bloss die Beobachtungen der Kreuzung des ägyptischen Leins mit dem gewöhnlichen weissen bekannt, so hätte man geschlossen, dass die Faktoren für die Breite

und für die Farbe des Kronblattes vollkommen unabhängig voneinander sind.

Aus der Kreuzung des ägyptischen Leins mit dem schmalblättrigen weissen ohne die Kenntnis der Resultate der anderen Kreuzungen würde man dagegen auf einen gewissen nicht näher zu bestimmenden Zusammenhang zwischen den Breite- und den Farbefaktoren schliessen, während die Breitefaktoren hier scheinbar eine Ausnahme von der Mendelschen Spaltungsregel bilden. Man ersieht hieraus, dass die Erscheinungen viel verwickelter sind als die zwei zuerst genannten Kreuzungen jede für sich lehren würden. Aber zudem hat das gesamte Studium der verschiedenen Kreuzungen bewiesen dass, wenn zwei Merkmale sich bei Kreuzung vollkommen unabhängig voneinander verhalten, nicht ohne weiteres geschlossen werden darf, dass auch zwischen den Faktoren, welche diese Merkmale bedingen, kein einziger Zusammenhang besteht.

Deutlich geht aus dem hier Mitgeteilten hervor wie relativ unsere Kenntnis ist. Auffassungen über das Vorhandensein und die Wirkung von Faktoren, durch das Studium einer einzigen Kreuzung erhalten, können, wie scheinbar wohl begründet und einfach dieselben auch sein mögen, sich wieder ändern, wenn sogar nur eine der untersuchten Formen wieder mit einer anderen gekreuzt wird. Aus diesem Grunde ist es zu empfehlen dieselbe Form mit möglichst vielen anderen zu kreuzen um die Frage nach der Wirkung genotypischer Faktoren nach und nach zur völligen Klarheit zu bringen.

SOMMAIRE.

Articles:

Miss J. E. van Amstel.
On the influence of temperature on the CO_2-assimilation of Helodea canadensis. With 2 Textfig. . 1

W. und J. Docters van Leeuwen—Reijnvaan.
Beiträge zur Kenntnis der Gallen von Java. 7. Ueber die Morphologie und die Entwicklung der Galle von Eriophyes sesbaniae Nal. an den Blättern und Blumen von Sesbania sericea D. C. gebildet. Mit 10 Textfig. . . . 30

Tine Tammes. Die gegenseitige Wirkung genotypischer Faktoren 44

Recueil

des

Travaux Botaniques Néerlandais,

publié par la

Société Botanique Néerlandaise,

sous la rédaction de M. M.

M. W. Beyerinck, J. W. Moll, Ed. Verschaffelt,
Hugo de Vries, Th. Weevers et
F. A. F. C. Went.

Voulme XIII. Livraison 2.

Nachdruck und Uebersetzung verboten.
Overneming van eenig artikel uit dit tijdschrift is verboden,
overeenkomstig art. 15 en 16 van de auteurswet 1912.

M. de Waal. — 1916. — Groningue.

RECUEIL

DES

TRAVAUX BOTANIQUES NÉERLANDAIS.

Recueil

des

Travaux Botaniques Néerlandais,

publié par la

Société Botanique Néerlandaise,

sous la rédaction de M. M.

M. W. Beyerinck, J. W. Moll, Ed. Verschaffelt,
Hugo de Vries, Th. Weevers et
F. A. F. C. Went.

Volume XIII. Livraison 2.

LIBRARY
NEW YORK
BOTANICAL
GARDEN.

Nachdruck und Uebersetzung verboten.
Overneming van eenig artikel uit dit tijdschrift is verboden,
overeenkomstig art. 15 en 16 van de auteurswet 1912.

M. de Waal. — 1916. — Groningue.

SOMMAIRE.

Articles:

Th. Weevers. Das Vorkommen des Ammoniaks und der Ammonsalze in den Pflanzen 63

J. C. Kapteyn, Ph. D.; Sc. D. Skew frequency curves in Biology and Statistics. With Tab. I—VIII 105

Das Vorkommen des Ammoniaks und der Ammonsalze in den Pflanzen

von

TH. WEEVERS.

Meine früheren Untersuchungen über die Lokalisation und Funktion des Kaliums in der Pflanze [1]) führten mich zum Studium des Ammoniaks und zwar zunächst zum Studium des Vorkommens in den Pflanzengeweben.

Das neulich entdeckte Vorkommen des Harnstoffes [2]) in sehr verschiedenen Pflanzen, speziell in den Mycotrophen und die öfters hervortretenden Anschauungen über die Bedeutung des Ammoniaks als Vorstufe zur Eiweissbildung waren dabei Veranlassung die Funktion im Stoffwechsel womöglichst zu berücksichtigen. Ein glücklicher Moment dabei war das Erscheinen zweier Lehrbücher über die Mikrochemie der Pflanzen [3]), welche einerseits die Mittel zum Nachweis zeigen konnten, andererseits die Dürftigkeit unsrer Kenntnis auf physiologischem Gebiet deutlich hervortreten liessen.

---

[1]) Th. Weevers Untersuchungen über die Lokalisation und Funktion des Kaliums in der Pflanze, diese Zeitschrift Vol. VIII 1911.

[2]) H. Weyland, Jahrb. f. wiss. Botanik Bd. II 1912.

[3]) H. Molisch Mikrochemie der Pflanzen.
O. Tunmann Pflanzenmikrochemie,

Methodisches.

Aus den obengenannten Büchern von Molisch und Tunmann geht hervor, dass wir bis jetzt noch nicht über ein Reagens, welches zum direkten Nachweis des Ammoniaks in der Zelle geeignet ist, verfügen. Nesslers Reagens ist nicht zu benutzen, weil zahlreiche Stoffe durch die unumgängliche Kalilauge an und für sich gelb gefärbt werden [1]).

Weyland l. c. benutzte zur Fällung des Harnstoffes Oxalsäure und dabei fand gleichzeitig Ammonsalzausscheidung statt, dies ist jedoch nur in ziemlich konzentrierten Lösungen der Fall und diese kommen in den Geweben nicht vor. Die von Tunmann l. c. erwähnte Fällung mittelst Alkohol fand ich nicht empfehlungswert, ebenso wenig die von Debski [2]) verwendete Weinsaüre. Das Ammoniak muss deshalb aus den Geweben freigemacht und dann nachgewiesen werden, dabei ist die von Molisch beschriebene Glaskammer ganz gut zu benutzen. Auf den Objektring setzte ich einen gut abgeschliffenen Glasring von 24 m.m. Diameter und 5 m.m. Höhe (Molisch benutzte etwas kleinere Ringe), welcher mit einem Deckgläschen geschlossen werden konnte. Auf dem Boden der Kammer liegt das Objekt, welches auf H_3N geprüft wird nebst dem Stoffe der das H_3N freimacht, unten am Deckglas hängt der Tropfen mit dem Reagens, entweder Platinchloridlösung oder Nesslersche Flüssigkeit.

In beiden Lehrbüchern wird zur Überführung in freies H_3N Kali- oder Natronlauge empfohlen und anfangs benutzte ich auch immer eine Lösung von 100 Gr. KOH auf 500 c.c. Wasser, die Resultate gaben mir jedoch Ver-

---

[1]) Vergl. H. Salomon, Jahrb. f. Wiss. Botanik. 1914.

[2]) Debski, Anzeiger der Krakauer Akademie 1895.

anlassung eine genauere Prüfung anzustellen, ob das in dieser Weise freigemachte Ammoniak lediglich aus Ammonsalzen oder vielleicht ebenfalls aus andern Stoffen herstammte. Dazu studierte ich die Einwirkung obengenannter Kalilauge auf einige amidhaltige Stoffe und das Resultat war folgendes:

Bei einer Temperatur von 10—20° C. wird aus einigen Amiden durch Kalilauge (100 Gr. auf 500 c.c. Wasser) Ammoniak freigemacht, und ist nach 24—48 Stunden deutlich nachweisbar. Harnstoff, Allantoin, Tyrosin, Arginin gaben keine, Leucin eine schwache, Asparagin, (gesättigte Lösung) eine deutliche H_3N-bildung. Die alte Methode ist also zum Nachweis des Ammoniaks und der Ammonsalze in den Geweben zu benutzen, wenn man innerhalb sehr kurzer Zeit die charakteristische Reaktion bekommt. Enthalten z.B. die Objekte verhältnissmässig viel Ammonsalze sowie bei den Zwiebelschuppen von Allium, so ist der Nachweis mit Platinchlorid möglich, denn bald bilden sich die Oktaeder des Ammoniumchloroplatinats, bei Objekten jedoch welche weniger H_3N enthalten, bilden sich die Oktaeder viel langsamer aus und ist Zweifel berechtigt woher das H_3N stammt.

Nessler's Reagens reagiert schnell und leicht mit kleinen Quantitäten Ammoniak, man kann ihm jedoch nicht unbedingt trauen, weil mehrere flüchtige Stoffe z.B. Aldehyde eine ähnliche Reaktion geben und überdies war es völlig ungeeignet zur quantitativen Schätzung des gebildeten Ammoniaks, ein Umstand, der wie unten deutlich wird, schwer ins Gewicht fiel.

Es musste deshalb nach einem Stoffe umgesehen werden, der unter den gegebenen Umständen in Bezug auf Temperatur und Einwirkungszeit das Ammoniak lediglich aus Ammonsalzen, nicht aus Amiden freimacht.

Magnesiumoxyd zu benutzen lag dabei auf der Hand, denn die Erfahrung der quantitativen-analytischen Praxis

und besonders die Resultate Longis [1]) wiesen in dieser Richtung hin. Lösungen von Asparagin, Leucin, Allantoin, Tyrosin, Arginin und Harnstoff gaben bei Hinzufügung von MgO in Übermaas kein H_3N unter obengenannten Bedingungen; H_4NCl zeigte dagegen eine sehr deutliche Reaktion. Fügte ich das MgO zu der Lösung eines Dimethylaminsalzes, so bildete sich in der Platinchloridlösung ein Doppelsalz welches dem $(H_4N)_2.P_tCl_6$ täuschend ähnlich war. Dimethylamine sind also von H_3N in dieser Weise nicht zu unterscheiden [2]), diese Amine kommen jedoch fast nicht in den Pflanzen vor.

Besonders in Bezug auf Harnstoff ist dieses Resultat für uns von Gewicht, denn so wird die Verwechslung von den Ammonsalzen mit eventuell vorhandenem Harnstoff unmöglich [3]).

Wenn es sich darum handelt das Ammoniak aus den Geweben freizumachen, hat Magnesiumoxyd der Kalilauge gegenüber den Nachteil, dass letzterer Stoff die Zellen schnell tötet, während das fast unlösliche MgO nicht in die unangeschnittenen Zellen eindringt. Nur sehr zartwändige Zellen, sowie die der Staubfädenhaare von Tradescantia virginica zeigen mit MgO die Ammoniakreaktion; bei den übrigen Objekten benutzte ich die Giftwirkung des Chloroformdampfes zum Töten und permeabel machen der Zellen.

[1]) Longi Landw. Versuchsstat. Bd. 32 sagt, dass bei einer Temperatur unter 38—40° C. Amide nicht durch MgO angegriffen werden.

[2]) Trimethylamin verrät sich oft durch den Geruch; ist nach Czapek ein Zersetzungsprodukt des Cholins.

Dimethylamin fand man in faulenden Pflanzen, Methylamin kommt nach Schmidt (Vergl. Czapek Biochemie der Pflanzen I S. 161) in Beta und Mercurialis vor.

[3]) Die Bildung von Ammoniumcyanat aus der Harnstofflösung ist also unter diesen Umständen zu vernachlässigen (Vergl. Walker and Hambley Journ. Chem. Soc. 1895.

Das Verfahren war deshalb folgendes: Auf den Boden der Kammer legte ich das zu prüfende Gewebestückchen, fügte MgO-Pulver und einen Tropfen Wasser hinzu und legte daneben einen kleinen Wattebausch mit einem Tropfen Chloroform. Der sich entwickelnde Chloroformdampf tötet die Zellen, das Protoplasma wird permeabel und MgO kann auf die permeierenden Inhaltstoffe einwirken, sodass eventuell gebildetes Ammoniak entweicht, welches met dem Tropfen Platinchloridlösung am Deckglas die Kristalle von $(H_4N)_2P_tCl_6$ bildet. Diese Kristalle gleichen sehr denjenigen des $K_2P_tCl_6$, sodass das Reagens möglichst frei davon sein muss.

Diese Bedingung ist nicht leicht zu erfüllen, das Platinchlorid (Merck) in destilliertes Wasser gelöst, und einige Wochen in Glasgeräten aufbewahrt, zeigte beim Eintrocknen der Tropfen am Deckglas deutliche Kriställchen von $K_2P_tCl_6$. Weil es sich oft um den Nachweis von sehr kleinen H_3N-Quantitäten handelte, verwendete ich Platinchlorid puriss. (Kahlbaum), löste es in aqua destillata, welches noch mittelst Quarzgeräten überdestilliert war und bewahrte die Lösung in Quarzgeräten auf. Diese Lösung gab beim Eintrocknen kein oder ein sehr winziges Kriställchen von $K_2P_tCl_6$.

Nesslers Reagens ist bei Benutzung von MgO und Chloroformdampf nicht brauchbar, weil $CHCl_3$ an und für sich damit reagiert.

Die oben beschriebene qualitatieve Reaktion mit Platinchlorid war ebenfalls gewissermassen quantitativ zu verwenden, denn die Quantität der gebildeten Kristalle konnte ich, nachdem einige Hunderte Präparate durchgesehen waren, wenigstens zur Schätzung der freigemachten H_3N-Quantität benutzen. Stets prüfte ich Stückchen von 25 mg. Frischgewicht und die Quantität wurde durch die Ziffern 1 bis 5 ausgedrückt, 1 bedeutet sehr schwache Reaktion, 5 die stärkste Reaktion welche irgendwie beobachtet wurde.

Ich bin mir der Unvollkommenheit dieser Methode sehr gut bewusst, sie bietet jedoch den Vorteil so praktisch und bequem zu sein, dass es möglich war die verschiedensten Pflanzenteilen von hunderten Objekten auf Ammoniak so zu prüfen, dass die Quantitäten wenigstens verglichen werden konnten. Absolute Werte gibt die Methode nicht, jedoch ermöglicht sie vom Vorkommen der Ammonsalze in den verschiedenen Organen, eben sowie in den differenten Familien und biologischen Typen sich einen Begriff zu bilden.

Die gewöhnlichen quantitativen Methoden sind für so kleine Objekte nicht zu benutzen, jedoch habe ich sie in einigen Fällen, worin die vergleichende Methode hohe Werte zeigte, durchgeführt, damit ich so einigermassen eine Vorstellung der absoluten Werte bekommen konnte. Das durch Kochen mit ausgeglühtem MgO freigemachte H_3N wurde mit Wasserdampf überdestilliert, in $\frac{n}{10}N$, H_2SO_4 aufgefangen und mit $\frac{n}{10}KOH$ zurücktitriert, eventuell vorhandener Harnstoff bildete deshalb ebenfalls H_3N; zur Destillation im Vakuum bei 33° C. hatte ich keine Gelegenheit. Zwei der drei untersuchten Objekten waren jedoch harnstofffrei, das dritte konnte ich leider nicht mehr prüfen.

Die drei Objekte Peltigera canina Ach., Allium Cepa L. (Zwiebelschuppen), Tricholoma equestre (Hut und Lamellen) gaben die vergleichenden, mikrochemischen Werte 4 à 5, 4 und 2 à 3.

Die quantitative Bestimmung mittelst Titration gab 0,2 %, 0,17 % und 0,07 %.

Ebermayer [1]) fand in frischen Pflanzen ebenfalls Werte zwischen 0,05 und 0,22 %.

---

[1]) E. Ebermayer Physiologische Chemie der Pflanzen 1882, Vergl. Molisch l. c.

Literaturübersicht.

In der physiologischen Literatur, welche sich auf die Eiweissbildung in den Pflanzen bezieht, findet man eine stets erneute Kontroverse zwischen den Vertretern zweier Anschauungen; die eine betrachtet das H_3N, die andere die Nitrate als Hauptquelle zur Eiweissbildung. Liebig trat für die Bedeutung des Ammoniaks ein, Boussingault widerlegte ihn und würdigte die Bedeutung der Nitrate. Als nun später, hauptsächlich durch die Arbeiten Winogradskys die Funktion der Nitratbakterien erkannt wurde, glaubte man vielfach die günstige Wirkung der Düngung mit Ammonsalzen durch Überfühung des H_3N in Nitrat erklären zu können. Versuche von Pitsch und von Lookeren Campagne [1]), Müntz [2]) und anderen legten jedoch klar, dass ebenfalls im sterilisierten Boden von einer Überlegenheit der Nitrate nicht immer die Rede sein konnte [3]). Ammoniummagnesiumphosphat scheint keinen schlechten Einfluss zu haben, die schädliche Wirkung des $(H_4N)_2CO_3$ hängt mit seiner alkalischen Reaktion und Bildung des freien Ammoniaks zusammen [4]); dass also Ehrenberg [5]) bei seinen Versuchen mit Hafer Ammoniumverbindungen weniger geeignet fand als Nitrate, das kann Niemand Wunder nehmen. Er kultivierte nl. Hafer in Odersand, dem Nährlösungen hinzugefügt wurden. Die eine Lösung enthielt $NaNO_3$, die andere $(H_4N)_2SO_4$ als Stickstoffquelle, beide jedoch enthielten $CaCO_3$, das mit

---

[1]) Pitsch und v. Lookeren Campagne, Versuchsst. Bd. XXXIV 1887.

[2]) Müntz, Compt-Rend. T. 109. 1889.

[3]) Vergleich auch E. G. Pringsheim. Kulturversuche mit chlorophyllführenden Mikroorganismen.

[4]) S. Takabayashi. Bull. College of Agriculture Tokyo 1897.

[5]) P. Ehrenberg. Die Bewegung des Ammoniakstickstoffs in der Natur. Mitt. Landw. Instit. Breslau 1909.

$(H_4N)_2SO_4$ Ammoniumkarbonat bildete. Aus letzterem entstand, wie Verfasser angibt, in den Kulturgefässen freies H_3N, das die Schädigung bedingte. Die Schädigung trat besonders in sterilisierten Medien hervor, weil sonst die Nitrifikationsorganismen, das sich allmählich bildende Ammoniak in Nitrat überführen; ebenso wird im Boden von stärkerer Absorptionskraft als Odersand die Schädlichkeit durch Ammoniakabsorption kleiner.

Dass Ammoniumsulfat in kalkfreiem Boden ebenfalls schädlich sei, schliesst Ehrenberg nicht aus eignen Beobachtungen, sondern aus älteren Untersuchungen z. B. von Giustiani und Lehman. So erklärt Prianischnikow [1]) die ungünstigen Ergebnisse der Ammonsalzdüngung durch die toxische Wirkung der sich bildenden sauren Reaktion als z. B. aus $(H_4N)_2SO_4$, das Anion zurückbleibt weil das Kation stärker verwendet wird. Für Salze wie Ammoniumnitrate und Phosphate trifft dies also nicht zu [2]).

Nur für die Pflanzen, welche saure Medien vertragen macht also Ehrenberg eine Ausnahme, sonst kehrt er zum alten Standpunkt zurück, seine Schlussfolgerungen stimmen jedoch mit nachfolgenden Resultaten nicht überein, es sei denn dass man jede Abweichung eine säureertragende Pflanze nennen will, dazu gehört dann aber ebenfalls der Hafer, mit welchem Ehrenberg seine Versuche anstellte (s. unten).

So sagt W. Krüger [3]), dass $(H_4N)_2SO_4$ fur Runkelrüben weniger geeignet ist als $NaNO_3$, dass aber beide Salze für Hafer, Gerste und Ackersenf gleich wertvoll sind, während das Ammonsalz für Kartoffeln besser ist. Hutchinson und Miller [4]) stellten fest, dass für Pisum

---

[1]) Prianischnikow. Ber. d. d. bot. Ges. Bd. 23. 1905.

[2]) Für Wasserkulturen ist die Sehädlichkeit des $(H_4N)_2SO_4$ durch allmähliche Ansäuerung der Nährlösung eine bekannte Tatsache.

[3]) W. Krüger. Landw. Jahrb. XXXIV 1905.

[4]) H. B. Hutchinson und Miller Journ. Agric. Sc. 1909.

sativum Nitrate und Ammonsalze gleich gut zu benutzen sind, Triticum jedoch Nitraten den Vorzug gibt.

Spezielle Differenzen scheinen also vorzulegen und zuweilen scheint die Wirkung von Nitraten und Ammonsalzen in verschiedenem Lebensalter nicht gleich zu sein. Heiden [1]) fand H_4N salze bei Secale und Lupinus speziell in den ersten Entwicklungstadien schädlich, Kellner [2]) schloss aus seinen Versuchen mit Sumpfreis, dass das H_3N gerade in den ersten Entwicklungsstadien günstig und Nitrat schädlich, später jedoch unschädlich sei. Freilich fanden seine Untersuchungen statt vor der Entdeckung der Nitratbakterien, also vor der Würdigung ihrer Bedeutung, sodass Nagaoka [3]) behaupten konnte, dass Nitrate bei Sumpfreis überhaupt nicht günstig sind. Damit kommen wir zu den Sumpfpflanzen. Pfeffer [4]) sagt in dieser Hinsicht: „dass vielleicht eine solche Bevorzugung der Ammonsalze noch häufiger gefunden wurde, wenn speziell solche Pflanzen in den Kreis der Untersuchungen gezogen wurden, die in Bodenarten wuchsen (Sumpfboden) in welchen die Nitrifikation nicht oder nur unvollkommen ausgeführt wird" [5]).

Nagaoka l. c. fand bei Sumpfreis, Juncus effusus, Sagittaria sagittifolia eine Bevorzugung der Ammonsalze. König [6]) behauptet, dass bei Ceratophyllum demersum, Myriophyllum proserpinacoïdes und Salvinia natans die Produktion frischer Substanz und die Stickstoffzunahme bei Salpeterernährung kleiner ist als bei Ammonsalzernährung.

---

[1]) E. Heiden, Naturforscher Ver. Cassel 1878.

[2]) O. Kellner, Landw. Versuchsst. Bd. XXV 1884.

[3]) M. Nagaoka, Bull. Agric. Coll. Tokyo Vol. VI 1904.

[4]) W. Pfeffer, Pflanzenphysiologie I S. 397.

[5]) Die im Boden gebundene Menge H_3N wird auf 0,001 bis 0,01 % angegeben. Boussingault. Agronomie.

[6]) König. Beiträge zur Selbstreinigung der Flüsse. Zeitsch. f. Unt. der Nahrungs und Genussmittel 1900.

Letztere Tatsachen und Betrachtungen machen eine Vergleichung des H N-gehalts der verschiedenen biologischen Typen nötig und besonders ist dies der Fall durch die Arbeit Weylands l. c. der das Vorkommen des Harnstoffs bei den Phanerogamen beobachtete und seine Bedeutung im Stoffwechsel studierte. Dieser Autor fand bei den echten obligaten Mycotrophen (Listera ovata R. Br., Gymnadenia conopea R. Br., Epipactis latifolia All., Neottia nidus avis, Polygala amara L.) Harnstoff, dagegen bei den echten Autotrophen z. B. Sisymbrium Alliaria Scop., Isatis tinctoria L., Chelidonium majus L., Melandrium rubrum Garcke. Ammonsalze und keinen Harnstoff. Autotrophe Pflanzen aus humusreichen Waldstellen (Aspidium felix Mas Sw., Equisetum silvaticum L.) gaben neben Ammonsalzen auch Harnstoff, dieselbe Arten auf Kalkboden gesammelt jedoch keinen Harnstoff; daraus schliesst Verfasser auf einen deutlichen Einfluss des Substrats in Bezug auf die Inhaltsbestandteile der Pflanzen und behauptet, dass diese Pflanzen im Humusboden Harnstoff oder Harnstoff-liefernde Produkte aus dem Boden aufgenommen haben. Auf die Einzelheiten dieser Arbeit komme ich unten noch zurück.

Ausführlich brauche ich hier nicht auf die noch so unbekannte und vielumstrittene Frage der Eiweissbildung in den Pflanzen einzugehen; ich muss jedoch erwähnen, dass das Ammoniak vielfach als Vorstufe zur Eiweissbildung betrachtet wird, es sei denn, dass es sofort verwertet werden kann, oder zuerst in eine andere Form übergeführt werden muss.

In etiolierten Keimpflanzen fand Schulze [1]) Ammoniak und besonders bei Autolyse ist die H_3N Bildung vielfach nachgewiesen worden; besonders Zaleski [2]) hat diese

[1]) Schulze, Landw. Jahrb. Bd. XXXV.

[2]) W. Zaleski, Ber. d. d. bot. Gev. Bd. XXX. In Gegensatz zu Zaleskis Angaben fand ich in Zwiebeln stets Ammonsalze.

Sache eingehender studiert. Er fand bei Autodigestion von etiolierten Keimpflanzen (Vicia Faba), und von Presssaft aus Spargeln Zunahme des Ammoniaks, es war jedoch die Frage ob das gebildete H_3N direkt aus den Eiweissstoffen oder aus den primären Zersetzungsprodukten derselben stammte. Dass das Ammoniak mit Umgehung der Amide zur Eiweissbildung dient, wird zuweilen behauptet, Zaleski l. c. konnte dies jedoch bei Keimungsversuchen mit Zwiebeln nicht bestätigen. In diesem Falle fand Eiweissbildung auf Kosten der Monoaminosäuren statt, Säureamide wie Asparagin und Glutamin wurden ebensowenig wie Ammoniak verwendet, wenigstens schliesst Verfasser dies aus das Gleichbleiben ihrer Quantität. Zaleski betrachtet daher die Säureamide und das Ammoniak als Speicherungsstoffe, wobei eine Zunahme des letzteren auf Grund seiner Giftigkeit vermieden wird. Auf Grund dieser Giftigkeit nehmen japanische Autore Suzuki und Takabayashi l. c. an, dass Ammoniak bei Anwesenheit von Kohlehydraten sofort in Asparagin umgesetzt wird, deshalb sich, wenn mehr Ammonsalze der Pflanze geboten werden, nicht im Gewebe anhäuft. Diese Betrachtung vernachlässigt jedoch die Ammonsalze, welche durchaus nicht so giftig zu sein brauchen, sowie aus Unterstehendem hervorgeht.

Meines Erachtens lohnte es sich jedenfalls in Bezug auf Obengenanntes den Ammoniak und Ammonsalzgehalt etiolierter und grüner Teile, sowie der wachsenden und ruhenden Organe zu vergleichen.

Das Vorkommen in den verschiedenen Geweben.

Bevor ich zur Betrachtung der Ergebnisse untenstehender Tabelle, welche über Ammonsalze handelt, übergehe, will ich zuerst einige Versuche zum Nachweis des freien Ammoniaks erwähnen.

Dazu wurde den Objekten im Glaskammer ein kleiner Wattebausch mit einem Tropfen Chloroform hinzugefügt und eventuell vorhandenes Ammoniak durch die Bildung der Kristalle des Ammoniumchloroplatinats nachgewiesen.

In Übereinstimmung mit der obengenannten giftigen Wirkung fiel bei den Phanerogamen das Resultat immer negativ aus [1]), weder in lebenden noch in mittelst Chloroformdampf getöteten Objekten konnte ich freies Ammoniak nachweisen. Besonders interessierten mich in dieser Hinsicht die Pflanzen, welche Xanthinderivate enthalten, denn für meine Schlussfolgerung [2]), dass das Koffein und Theobromin bei der Eiweissdissimilation gebildet und wieder zur Eiweisssynthese benutzt werden, war es wichtig zu wissen, ob ein Teil der N haltigen Stoffe als H_3N entweichen konnte. Sowie aus Obenstehendem hervorgeht war dies jedoch nicht aus jungen, erwachsenen, ebensowenig aus absterbenden gelben Blättern der Fall, wenigstens nicht bei Thea chinensis. Bei den Kryptogamen war freies Ammoniak jedoch zuweilen nachweisbar; eine Tatsache die für die mit Proteinstoffen ernährten Schimmelpilze und für die Fäulnisserreger bekannt genug ist.

z. B. fand ich freies Ammoniak ebenfalls in mit Chloroform getötenen Teilen von Peltigera canina Ach. (Reaktion 2 à 3) von Clitocybe infundibiliformis Sch. (1 à 2), ebenfalls in den verschleimenden Lamellen einer Coprinus spec.

Andere Hutpilze sowie z. B. Amanita muscaria gaben keine Reaktion,

In erwachsenen Wurzelknöllchen von Lupinus luteus L. fand ich im Bakteriengewebe nach Tötung mittelst Chloroform ebenfalls freies H_3N (Reaktion 2 à 3), auf welche Tatsache ich unten noch zurückkomme.

---

[1]) Bei den Chenopodiaceeen durfte nach Wicke (Bot. Zeit 1862) Trimethylamin abgegeben werden.

[2]) Th. Weevers. Die physiol. Bedeutung des Koffeins und des Theobromins. Annales du Jardin Bot. de Buitenzorg 2e Ser. Vol. VI 1907.

Bei der Untersuchung auf Ammonsalze habe ich stets 25 mg. Frischgewicht der Teile sowohl mittelst der KOH-Methode, als mit der Magnesiumoxyd-Chloroform Methode (s. oben) geprüft. Meistenfalls benutzte ich bei den höheren Pflanzen die Blätter, zog jedoch andere Teile zum Vergleich heran.

Wenn wir diese Resultate überblicken so können wir zunächst sagen, dass fast alle Objekte sowohl Kryptogamen als Phanerogamen Ammonsalze enthalten, sei es auch stets in sehr kleiner Quantität, nur bei den Droseraceae (Drosera anglica Huds. und D. intermedia Hyn.) den Ericaceae (Calluna vulgaris Sal., Erica Tetralix L., Vaccinium vitis idaea L.), bei Gentiana pneumonanthe L. und einigen andern war in 25 mg. der Blätter kein H_4N salz nachweisbar. Die verschiedenen Pflanzentypen will ich später behandeln, zuerst den Gehalt der differenten Teile einer selben Pflanze besprechen.

Zur selben Jahreszeit haben gleichartige Teile gleichgroszen Gehalt (wenigstens bis $\frac{1}{2}$ übereinstimmend), Einfluss eines verschiedenen Standortes konnte ich nicht beobachten, dies steht also im Gegensatz zur Beobachtung Weylands in Bezug auf Harnstoff, denn sowie schon oben gesagt wurde fand dieser Autor in Autotrophen wie Aspidium felix mas Sw., und Equisetum silvaticum L., welche auf humusreichem Boden wachsen, neben Ammonsalzen Harnstoff, jedoch in den gleichartigen Pflanzen, welche im humusfreien Boden gesammelt waren, nur Ammonsalze und keinen Harnstoff [1]).

Junge Blätter haben höheren Gehalt an H_4N-salzen als die älteren. z. B. Bunias orientalis L. jung 3, erwachsen 2, Sambucus nigra L. jung 2 à 3, erwachsen 1 à 2,

---

[1]) In der Arbeit Weylands wurden die Ammonsalze durch die Auskristallisierung ihres Bioxalats und Nitrats aus den Extrakten identifiziert, dabei war eine einwandfreie Unterscheidung dieser Kristalle und derjenigen welche Harnstoff mit den genannten Säuren bildet nicht immer möglich.

Aegopodium podograria L. jung 2, alt 1, Hyacinthus orientalis L. jung 3 à 4, erwachsen 2.

In Reserveorganen ist der Gehalt mittelgross. Z. B. Kotyledonen von Juglans regia L. 2, Fagus silvatica L. 2, Quercus Robur L. 1 à 2, Lunaria annua L. 2, Pisum sativum L. 1 à 2, Parenchymgewebe der Knolle von Solanum tuberosum L. 1 à 2, Ficaria verna Huds. 2, Brassica rapa L. 1 à 2.

Gewebe in welchen man einen regen Stoffwechsel vermuten kann, haben oft grösseren Ammonsalzgehalt als andere z. B., eben befruchtete Samenknospen von Narcissus Tazetta L. 2 à 3, erwachsenes Blatt derselben Pflanze 1; junge ♀ Kätzchen Salix cinerea L. 3, Rinde der Zweige in Dezember 1; Kambium dünner Zweige Betula pubescens Ehrh. in März 2, Holz derselben Zweige < 1; Plumula Pisum sativum 3, Kotyledonen 1 à 2. Vergleicht man bei im Dunkeln austreibenden Knollen von Brassica Rapa L. den Gehalt in 25 mgr. der Knollen, Blattstiele, und etiolierten Blätter so sind die Werte 1 à 2, 2 und 2 à 3.

Grüne und gelbbunte Teile desselben Objektes, zeigen bei Vergleichung folgendes: Im Allgemeinen ist die Quantität der Ammonsalze in den gelbbunten Teilen etwas grösser, obschon der Unterschied oft innerhalb der Fehlergrenze liegt. z. B. Tradescantia fluminensis Vell grün < 1, gelb 1; Acer negundo L. grün 1, gelb 1 à 2; Sambucus nigra L. grün 1 à 2, gelb 2; bei Aucuba japonica Thb, jedoch in beiden < 1.

Ebenfalls ist in etiolierten Keimlingen der Gehalt nur sehr wenig grösser (auf Frischgewicht berechnet) als in den normalen z. B. Pisum sativum L. normal 2 à 3, etioliert 3, Lepidum sativum grün 2 à 3, etioliert 3, in etiolierten Schösslingen von Solanum tuberosum jedoch 1 à 2. Ich erinnere in dieser Hinsicht an meine Beobachtungen l. c. bei Thea assamica, bei welcher Pflanze der zweimal grössere Koffeingehalt in den gelben Teilen auf eine starke dortige Eiweissdissimilation hindeutet.

Schlussfolgerungen aus obigen Beobachtungen kann man meines Erachtens leider nicht viele machen, die Allgegenwärtigkeit der Salze weist einerseits auf ihre Bedeutung im Stoffwechsel, andererseits macht sie durch die Anwesenheit in lediglich sehr kleinen Quantitäten es schwierig bestimmtere Folgerungen zu machen. Es gibt jedoch den Eindruck, dass der Ammonsalzgehalt umso höher ist, je reger der Stoffwechsel in den betreffenden Teilen. In Übereinstimmung damit fand ich im Winter den Gehalt in immergrünen Blättern stets niedrig z. B. Ilex aquifolium L., Aucuba japonica Thb., Vinca minor L. < 1, Juniperus communis L., Pinus silvestris L., Buxus sempervirens L. 1.

In Bezug auf den niedrigeren Gehalt in erwachsenen Blättern müssen wir bedenken, dass der Wassergehalt dieser Teile oft grösser ist und meine Beobachtungen mit frischen Teilen gemacht wurden, dies also einigermassen den höheren Gehalt in jungen Teilen erklären kann. Bei Hyacinthus orientalis L. und Brassica Rapa L. habe ich den Ammonsalzgehalt in Blättern, welche bei 100° C, getrocknet waren zu bestimmen versucht. Dies bot jedoch Schwierigkeiten und gab niedrigere Resultate als in frischen Teilen, wahrscheinlich treten beim Trocknen und Töten Prozesse auf, welche zu Verluste Veranlassung geben können.

Zum Schluss die Resultate der Wasserkulturen.

Zog ich z. B. Pisum sativum in Cronescher Lösung, die bekanntlich keine Ammonsalze erhält, so enthielten die Wurzeln keine derartige Salze, die Blätter jedoch zeigten sie ebensogut, wie bei in Gartenerde gezogenen Objekten. Daraus ergiebt sich, dass wenigstens in diesem Falle die Ammonsalze im Zusammenhang mit dem Stoffwechsel, wahrscheinlich dem Eiweissstoffwechsel entstehen [1]). Wurden die Pflanzen in Cronescher Lösung, welcher Ammonsulfat

---

[1]) Bokorny Th. Biochem Z. schr. XLIII sagt, dass der scheinbar zur Eiweissbildung dienende Salpeter zuerst in Ammoniak verwandelt wird.

(0,5 Gr. pro L.) hinzugefügt war gezogen, so war in den Wurzeln der Gehalt 2 à 3, die Salze werden also ganz gut aufgenommen, jedoch schnell verarbeitet, denn in den Blättern war der Gehalt nicht höher als in der Croneschen Lösung (1 à 2). Buchweizen gab unter obengenannten Bedingungen im Grossen und Ganzen dasselbe Resultat. In Cronescher Lösung, die Wurzeln < 1, Hypocotyl 1, Blätter 1 à 2; in Cronescher Lösung der Ammonphosphat hinzugefügt war, die Wurzeln 3, Hypocotyl 2 à 3, Blätter 1 à 2. Also Bildung beim Stoffwechsel im ersteren, Aufnahme in der Wurzel, Transport in Hypocotyl und Verarbeitung in den Blättern im letzteren Fall liegen auf der Hand.

In Übereinstimmung hiermit war ich nicht im Stande in Kartoffelpflanzen den Ammonsalzgehalt in den Blättern durch Düngung mit diesen Salzen zu steigern, im Ackerboden hatten mit und ohne Ammonsulfat gezogene Pflanzen in den Blättern gleich grossen Ammonsalzgehalt (1 à 2).

Das Vorkommen in den verschiedenen Pflanzen.

Im selben Boden wachsende Arten können einen sehr verschiedenen Ammonsalzgehalt enthalten: das belegen z. B. die Meeresalgen wovon unten die Rede sein wird.

Die Tatsache erinnert an das quantitative Wahlvermögen der Pflanzen, welches in Bezug auf anorganische Salze schon lange bekannt war. Es braucht jedoch nicht dieselbe Tatsache zu sein, denn bei den Ammonsalzen kann ja auch eine Bildung bei den Stoffwechselprozessen vorliegen sowie schon oben mit den Wasserkulturen bewiesen wurde. Jedenfalls liegen spezielle Eigentümlichkeiten, eigentlich ein Wort, womit wir unsre Unkunde eingestehen vor; die Frage in welcher Weise die Pflanze Salze in ihr Wurzelgewebe aufnimmt oder den Eingang verweigert ist ja noch nicht gelöst.

Die Vergleichung des Ammonsalzgehalts der verschiedenen Pflanzenfamilien und biologischen Typen bietet uns also mehr Abwechslung; die Mittelwerte interessieren uns hier selbstverständlich weniger als die extremen. Deshalb will ich bei den Phanerogamen nur diejenige Fälle erwähnen, in denen der Gehalt höher als 2 à 3 oder niedriger als 1 ist, die übrigen sind in der Tabelle nachzusehen.

Zunächst die Kryptogamen.

Die Reaktion von 25 mg. Meereswasser [1]) aus dem Hafen von Helder war 0, die in diesem Wasser wachsenden Meeresalgen boten einen sehr verschiedenen Gehalt; bei den Rhodophyceae Gigartina mamillosa J. Aq. und Chondrus crispus 1 à 2 und 2; bei den Phaeophyceae waren die extremen Werte Chorda filum Stackh 1 à 2 und Ascophyllum nodosum Le Jolis 2 à 3. Merkwürdig ist der sehr hohe Ammonsalzgehalt bei Noctiluca miliaris Sur 5. Die Anwesenheit von H_3N in diesem Objekte war schon von Heinsius und Goedhart [2]) nachgewiesen, man konnte jedoch gegen ihre Versuche einwenden, dass das H_3N ein sekundär gebildetes Zersetzungsprodukt sei. Schon in meiner Arbeit über die Lokalisation und Funktion des Kaliums in der Pflanze [3]) habe ich jedoch gezeigt, dass die Ammoniumverbindungen bei Noctiluca nicht postmortal entstanden sind.

Die Fungi enthalten oft ziemlich hohe Werte, besonders die Hymenomycetes in Hut und Lamellen z. B. Cantharellus cibarius Fr. 3 à 4, Clitocybe infundibiliformis Sch. 4, Lactarius turpis Fr. 3, Boletus edulis B. 4, Clavaria fragilis Holmsk. 3, jedoch Lactarius vellereus Fr. in Milchsaft und Hut $<$ 1. Die untersuchten Ascomycetes enthielten

---

[1]) In grösseren Quantitäten sind jedoch Ammonsalze nachweisbar.

[2]) Tijdschrift Ned. Dierk. Vereeniging 1892.

[3]) Untersuchungen über die Lokalisation und Funktion des Kaliums in der Pflanze. Diese Zeitschrift Vol. VIII 1911.

weniger z. B. Peziza spec Askusfrucht 1, Sclerotinia tuberosa Hedw. 1 à 2.

Bei den Lichenen war der Gehalt sehr verschieden, eine Tatsache: welche vielleicht mit ihrem Standorte zusammenhängt z. B. Evernia prunastri Ach. 3 à 4, Parmelia physodes Ach. 3, beide an Baumrinden, Peltigera canina Ach. am Waldboden überall 4 à 5 oder 5, jedoch hatten die auf Moorboden wachsenden Arten niedrigeren Gehalt z. B. Cladonia rangiferina Ach. $<$ 1, Cladonia pyxidata 1 und Parmelia physodes 1, also viel weniger als an Baumrinde.

Die Bryophyta und Pteridophyta gaben nur niedrige oder Mittelwerte, besonders die auf Haide und Moorboden wachsenden, Sphagnum cymbifolium Ehrh. Polytrichum commune L., Polytrichum juniperinum Willd alle $<$ 1.

Bei den Phanerogamen ist ein hoher Gehalt der H_4N-salze nur bei 5 der $=$ 90 [1]) untersuchten Familien zu finden, sonst erreichen nur einige sehr junge Organe mit regem Stoffwechsel einen Wert 2 à 3 z. B. Samenknospen Narcissus Tazetta L., junge Schösslinge Myrica Gale L., ♀ Kätzchen Salix cinerea L., Blumenknospen Magnolia precox Cor., junge Blätter Sambucus nigra L. Die fünf Familien, worin ich einen höheren Gehalt beobachten konnte, sind die Liliaceae, Cruciferae, Papilionaceae, Myricaceae, Betulaceae und in den drei letzteren nur in den Wurzelknöllchen, welche ich später behandeln will.

Bei den Liliaceae sind es nur sehr wenige Arten, speziell Allium (Zwiebelschuppen Allium vineale L. 4 à 5, Allium Cepa L. 4 à 5, junge Blätter A. vineale 4, erwachsene Blätter A., sphaerocephalum L. und hymenorhozum 2 à 3) deren hoher Gehalt schon früher hervorgehoben ist; Hyacinthus orientalis L. enthielt in jungen Blättern einen

---

[1]) Ausser den in der Tabelle genannten Arten, untersuchte ich mit der Kalilauge-Methode, welche nur zu höhe jedoch nicht zu niedrige Werte geben kann, noch einige Arten anderer Familien.

Gehalt von 3 à 4. Andere Liliaceae, wie Ornithogalum umbellatum und Narthecium ossifragum Huds. enthalten sehr wenig Ammonsalze z.B. Narthecium in den erwachsenen Blättern < 1.

Bei den Cruciferen sind die Werte ebenfalls sehr verschieden, hoch bei den jungen Blättern von Crambe cordifolia Stv. (4), Brassica oleracea L. (4), Lepidium sativum L. (3), Bunias orientale L. (3), niedrig dagegen bei den Blättern von Barbarea vulgaris R. Br. und Erophila verna E. Meijer (1 und 1 à 2).

Bemerkenswert ist es dass also diejenigen Kulturpflanzen wie Kohl und Laucharten, welche angeblich Ammonsalze als Stickstoffnahrung vorziehen, hohen Gehalt dieser Salze in ihren Blättern bezitzen.

Überblicken wir die Pflanzen, welche keine oder nur Spuren der Ammonsalze enthalten, so finden wir sie in viel grösserer Zahl und in sehr verschiedenen Familien.

Die Bryophyta Marchantia polymorpha L., Leucobryum glaucum Hp., Sphagnum cymbifolium Ehrh. (all < 1), die Orchidaceae Orchis incarnata L., Orchis latifolia L., Platanthera bifolia Rchb. (in den erwachsenen Blättern und Knollen < 1); Polygala depressa Wend (0), die Droseraceae Drosera rotundifolia L., Drosera anglica Huds., Drosera intermedia Hyn. (alle 0), Empetrum nigrum L. (0), die Ericaceae, Calluna vulgaris Salisb., Erica tetralix L., Vaccinium vitis idaea L., (alle 0), Gentiana pneumonanthe L. (0), Pinguicula vulgaris L. (< 1), Lobelia Dortmanna L. (< 1), alle in den erwachsenen Blättern, zuletzt bei Monotropa hypopitys L. 0 und < 1 in den Stengeln und Stengelschuppen.

Alle diese Pflanzen haben etwas besonderes in Bezug auf ihren Stoffwechsel; entweder sind sie Insektivoren, wie die Droseraceae und Pinguicula, welche auf moorigem Rohhumus enthaltendem Boden wachsen oder es sind sogenannte Mycotrophen, wie die Orchidaceae, Ericaceae,

Polygala depressa und Gentiana pneumonanthe, welche denselben Boden fast immer bewohnen. Dasselbe Resultat geben aus andern Familien, welche in der Mehrzahl Spezies mit Mittelwerten in Bezug auf Ammonsalze enthalten, diejenige Arten, welche denselben Boden bewohnen z. B. bei den Liliaceae Narthecium ossifragum Huds. (junge Blätter < 1), bei den Compositen Cirsium anglicum Lobel (erw. Blatt. < 1).

Die Frage liegt also auf der Hand; was charakterisiert denn eigentlich dieser Boden der Hochmoore?

In seinem sauren, schlecht durchlüftetem Substrat, spielen sich mehr Fäulniss- als Verwesungsprozesse ab und treten stickstoffhaltige organische Verbindungen besonders auf, bleibt jedoch die Umwandlung des Harnstoffs zu Ammonsalze und die Nitrifikation derselben aus, obschon Bacillus ureae vorhanden sein kann, sich jedoch wegen der sauren Bodenreaktion nicht vermehrt [1]). Leicht lässt sich dies demonstrieren, wenn man ein Liter von diesem Moorboden mit 1 c.c. Harn versetzt und unter eine Glasglocke stellt. Ein Tropfen Platinchloridlösung zeigt, dass sich kein Ammoniak bildet, während dies mit Gartenerde bald der Fall ist.

Aus den Untersuchungen von Bauman und Wieler [2]) geht hervor, dass der saure Charakter hauptsächlich den kolloidalen Körpern zukommt, jedenfalls werden diese Körper eventuell vorhandene Basen wie H_3N so sehr festhalten, dass sie dem Boden nur schwerlich entzogen werden können. So war es mir nicht möglich dem moorigen Haideboden mit 2 % Zitronensäurelösung (Übermaas) Ammoniak zu entziehen und ebensowenig gab der Boden nach Mischung mit MgO Ammoniak ab. Bauman [3])

---

[1]) R. Burri und A. Stutzer. Journ. f. Landwirtschaft 1894.

[2]) A, Wieler Ber. d. deutsch. bot. Ges. XXX 1912.

[3]) Bauman Versuchsstationen 1887.
S. Oden. Das Wesen der Humussäure Archiv. för Kemi Mineralogi

sagt auch, dass der Ammoniakgehalt der Moorboden nur verschwindend klein ist, besonders in den oberen Schichten; jedoch die Sickerwasser der Hochmoore enthalten mehr Ammoniakmengen als die der Niedermoore.

Im Allgemeinen kann man deshalb sagen, dass die Insektivoren und Mycotrophen, wachsend auf Moorboden welcher fast keine oder nicht erreichbare Ammonsalze enthält, diese Salze in ihren Geweben nicht oder nur in Spuren zeigen. Wenn wir auf den Gegensatz zwischen diesen Arten und denjenigen Pflanzen, welche wie Allium und Brassica speziell Ammonsalze als Stickstoffnahrung vorziehen, Acht geben, so liegt es auf der Hand zu sagen, dass die in den höheren Pflanzen vorkommenden Ammonsalze in erster Linie aus dem Boden herstammen und in den Moorpflanzen deshalb fehlen weil der Boden sie fast nicht enthält. Diese Folgerung ist jedoch unrichtig, das lehrten uns schon die Ergebnisse der Wasserkulturen und überdies einige Versuche welche ich auf Haideboden anstellte. Auf diesem sauren, sandigen Boden gezogen, enthielten Lepidium sativum L., Allium cepa L. und Fagopyrum esculentum Mnch die Ammonsalze in Wurzeln und Blättern. In den auf diesem Boden wildwachsenden Arten fand ich Salze ja auch bei Hydrocotyle vulgaris L. (Blätter 1 à 2), Juncus squarrosus L. (Blätter 1 à 2), Heliocharis multicaulis Sm. (Wurzel 2, Blätter 1), Eriophorum polystachyum L. (Blätter 1 à 2, Rhizom 2, Wurzel 1 à 2), Carex panicea L. (Blätter 1). Nicht so sehr im Boden selbst, vielmehr im besondern Stoffwechsel der Mycotrophen und Insektivoren muss also die Ursache der Abwesenheit der Ammonsalze liegen. Als ich deshalb die praktisch ammonsalzfreien Spezies Erica tetralix L. und Vaccinum vitis idaea auf Haideboden kultivierte, welcher

---

och Geologi 1914, schliesst aus der Leitungsfähigkeit auf das Vorkommen einer oder mehrerer Säuren,

mit Ammonphosphatlösung gedüngt wurde, blieb der Gehalt in den Blättern unverändert [1]).

Nur Neottia nidus avis Rich., Psilotum triquetrum und gewissermassen auch Epipactis palustris Crntz und Listera ovata R. Br. waren Mycotrophen mit deutlicher H_4N-reaktion 1 à 2 bis 2. Die beiden ersteren stimmen nach Shibata im anatomischen Bau der Mycorrhiza sehr überein und in bezug auf letztere Orchidaceae ist est bemerkungswürdig, dass der Standort von Epipactis palustris und Listera meistens ein andrer ist, als derjenige der Orchisarten und Platanthera.

Bei den ectotrophen Mykorrhizen von Pinus silvestris und Fagus silvatica war die Reaktion auf Ammonsalze ebensogut < 1, wie bei den Ericaceae, wo die Mykorrhiza epidermal ist.

Die Orchidaceae mit rein endotropher Mykorrhiza zeigten in den Wurzeln etwas höhere Werte < 1 bei Orchis latifolia, 1 bei Platanthera und Orchis maculata, 1 à 2 bei Listera ovata. Warum diese Mycotrophen die Ammonsalze nicht in ihren Blättern enthalten ist also leider noch eine offene Frage.

Die scharfe Grenze, welche Weyland zwischen ectotropher und endotropher Mykorrhiza zieht, ist in dieser Hinsicht mehr oder weniger verwischt; die ganze Mykorrhizafrage ist jedoch so kompliziert und vielzeitig, dass wie neulich Weyland betont, sie von einem Gesichtspunkt aus nicht gut zu beurteilen ist und ich hier nicht weiter darauf eingehen will; nur einen Punkt will ich noch hervorheben nl. die Frage aus welchen N-verbindungen die Ericaceae ihren Bedarf decken.

---

[1]) Bei Drosera können die H_4N-salze verarbeitet werden, denn ein Blatt, welches eben Insekte gefangen, hatte die Reaktion 2 später 1, noch später < 1.

Die Wurzeln hatten die Reaktion < 1 oder 1.

Nitrate waren bei den Ericaceae nicht nachzuweisen H_4N-salze ebensowenig und Weyland fand hier den bei andern Mycotrophen vorhandenen Harnstoff auch nicht. Es bleibt also die Möglichkeit, dass sie ihn aus N-haltigen organischen Verbindungen, welche im Moorboden vorkommen sollen, schöpfen. Dabei kann dem Anschein nach ebensogut wie bei den andern Mykotrophen die Mykorrhiza diese Aufnahme lediglich aus dem sauren Boden zu Stande bringen und wird daher durch Kalkdüngung die Existenzmöglichkeit so viel ungünstiger.

Weil nach Weyland unter den höheren Pflanzen speziell die Mykotrophen Harnstoff enthalten, besteht im Grossen und Ganzen ein gewisser Gegensatz zwischen dem Vorkommen der Ammonsalze und des Harnstoffs. Die harnstoffenthaltenden Pflanzen, besitzen wenig Ammonsalz und umgekehrt. Ausnahmen kommen jedoch vor, z. B. enthalten Vaccinium vitis idaea L. und Monotropa hypopitys L. keinen der beiden Stoffe, Listera ovata R. Br. und Neottia nidus avis Rich. sowohl Harnstoff als Ammonsalze. Der Gegensatz zwischen beiden Holosaprophyten (Holoparasiten) Neottia und Monotropa ist sehr schlagend und noch unerklärt; man kann nur auf die endotrophe Mykorrhiza ersterer, auf die ektotrophe letzterer hinweisen.

Die grünen Halbschmarotzer Melampyrum pratense L., Pedicularis silvatica L., Euphrasia nemorosa Pers. und Alecterolophus major Rchb. enthalten ziemlich kleine Werte der Ammonsalze (1 bis 1 à 2), vielleicht aus ihren Wirtspflanzen herstammend, oder im Stoffwechsel gebildet, die Holoparasiten Orobanche rapae Genistae Thuil 1 à 2 und 2 in Knolle und Schuppen, Cuscuta epithymum L. 1 à 2 im Stengel.

Das Vorkommen in den Wurzelknöllchen.

Während die Blätter und Stengel der Papilionaceae nur mittelgrosse Werte der Ammonsalze darbieten, enthalten die Wurzelknöllchen viel höhere z. B. Lupinus luteus L. 4 à 5, Lupinus polyphyllus Lal. 3 à 4, Trifolium pratense L. 5, Robinia pseudacacia L. 3 à 4, Sarothamnus vulgaris Wimm 4, Vicia Faba L. 4 à 5. Dies scheint mir eine bemerkenswerthe Tatsache, insbesondere weil ungeachtet der grossen Literatur über die Wurzelknöllchen der Papilionaceae und ihre Erreger, der Chemismus in den Knöllchen fast völlig unbekannt ist. Man weiss nur, dass die Stickstoffbindung in den Knöllchen stattfindet, die deshalb stickstoffreicher als die übrigen Wurzelteile werden. Als Endprodukte nimmt man vielfach Proteine an, welche in den Nährstoffkreislauf der Papilionaceae hinübergehen sollen.

Stoklasa [1]) hat den Stickstoffgehalt in den Knöllchen bei Blütenbildung, bei beginnender Samenbildung und Samenreife verglichen. Er fand in den Knöllchen die Werte 5,2 %, 2,6 % und 1,7 % und in den übrigen Wurzelteilen 1,6 %, 1,8 % und 1,4 %. In allen Teilen nimmt also der Gehalt bei der Samenreife ab.

Dass Ammonsalze in den Knöllchen stets vorkommen, war soviel mir bekannt noch nicht nachgewiesen [2]) und ist ein merkwürdiger Gegensatz zu den von Marchal [3]) beobachteten Tatsachen, dass man in Wasserkultur durch Hinzufügung kleiner Mengen von Nitraten oder Ammon-

---

[1]) J. Stoklasa Landw. Jahrb. 1895.

In den älteren Angaben von Troschke Just. bot. Jahrber. 1884 ist in den Knöllchen den Eiweissgehalt 31,6 %, in den Wurzeln 5,02 (Auf Trockengewicht berechnet).

[2]) Weyland l. c. hat gezeigt dass die Knöllchen keinen Harnstoff enthalten, dass jedoch in den Erbsenpflanzen Ammonsalze vorkommen. Ob er auch die Knöllchen auf H_3N-salz geprüft hat, ist mir nicht deutlich.

[3]) E. Marchal. Compt rend Tome CXXXIII 1901.

salzen die Knöllchenbildung hemmen kann, ebensogut wie Stickstoffdüngung im Boden ihre Bildung verringert [1]).

Einige von den untersuchten Objekten wuchsen in fast N-freiem Boden, von den in obigen Fällen wahrscheinlich gemachten Annahmen, dass die Ammonsalze dem Boden entnommen sind, oder beim Eiweissstoffwechsel entstehen, kann also die erstere schwerlich zutreffen. Es bliebt also die Frage ob die Ammonsalze eine Vorstufe zur Eiweissbildung in den Knöllchen sind oder als Dissimilationsprodukte zum Transporte der Stickstoffverbindungen nach den übrigen Teilen dienen.

Bei Lupinus luteus verglich ich die Wurzelrinde unterhalb und oberhalb der Knöllchen und fand in ersterer eine Reaktion 0 oder $<$ 1 in letzterer 1 à 2 bis 2. Das Holz der Wurzel mit der Rinde zusammen untersucht gab ebenfalls oberhalb der Knöllchen eine Reaktion 1 à 2. Transport mag also stattgefunden haben.

Versuche zur Isolierung eine Enzyms, welches Abbau der Eiweissstoffe bis zum Ammoniak zu Stande bringen konnte, gaben bisjetzt noch negative Resultate [2]).

Nebst den Wurzelknöllchen der Papilionaceae prüfte ich auch diejenigen einiger andrer Pflanzen.

In Alnus glutinosa Gaertn., welcher bekanntlich oft auf obengenanntem Moorboden wächst, war in Blättern, Holz und Rinde der Gehalt 1 à 2, in den Wurzelknöllchen 3 oder 3 à 4; bei Myrica Gale L., die nur auf Moorboden vorkommt in den Blättern 1 à 2, in jungen Schösslingen und dicken Wurzeln 2 à 3, in Wurzelknöllchen 3 und 3 à 4. Es liegt auf der Hand hier dieselbe Schlussfolgerung wie bei den Papilionaceen zu machen insbesondere weil

---

[1]) Laurent Compt rend Tome CXXXIII 1901.

[2]) Als ich meine Arbeit schon abgeschlossen hatte, fand ich in einer Mitteilung Benjamins (Proc. Royal. Soc. New South Wales 1915) dass in den Knöllchen Urease vorkommt; dies stimmt nicht mit den Mitteilungen Weylands dass Harnstoff fehlt.

nach den Untersuchungen von Nobbe und Hiltner[1]), die Pflanzen speciell Alnus ohne Knöllchen nur bei Zugabe von Stickstoffverbindungen wachsen können, dagegen nach Ausbildung der Knöllchen mit dem Luftstickstoff zukommen. Über die Erreger dieser Knöllchen herrscht eine so grosse Kontroverse, dass vorläufig nicht zu entscheiden ist, ob hier dieselbe Bakterien wie bei den Papilionaceen vorliegen, sowie Bottomley und Spratt[2]) behaupten. Shibata[3]) ist ganz andrer Meinung, spricht z. B. bei Myrica rubra von Actinomyces; bei Alnus dagegen soll der Erreger einen Zellbau haben, der vielmehr den Bakterien als den Fadenpilzen zukommt und von Myrica erheblich abweichen.

Nach Obenstehendem stimmen sie jedoch in Bezug auf die Ammonsalze im Chemismus überein.

Hippophae rhamnoides L. aus den Dünen, wo Pflanzen mit Mittelwerten in Bezug auf Ammonsalze vorkommen, hat in den Wurzelknöllchen eine Reaktion 2 à 3.

Podocarpus elata R. Br. (Topfpflanze) gab in den Wurzelknöllchen eine Reaktion 2 à 3, in erwachsenen Blättern 1 à 2. Veranlasst durch die angebliche Stickstoffbindung in den Bacterienknötchen der Rubiaceenblätter untersuchte ich auch Psychotria bacteriophila Val., fand jedoch den Gehalt innerhalb und ausserhalb der Knötchen gleich (1 à 2).

Es besteht also ein grosser Unterschied zwischen den Pflanzen, welche mittelst Wurzelknöllchen und denjenigen, welche mittelst Mykorrhiza auf dem sauren Boden der Hochmoore und moorigen Haiden ihre Existenz finden. In ersteren finden wir stets verhältnissmässig viel Ammonsalze, in letzteren gar nicht oder nur in Spuren.

Wenn die Behauptung von Ch. Ternetz, dass die

---

[1]) Nobbe und Hiltner Bot. Centralbl. 96. 1904.

[2]) Bottomley and Spratt. Annals of Botany 26.

[3]) Shibata Jahrb. f. Wiss. Botanik 37. 1902.

Mykotrophen mit Hülfe ihrer Mykorrhiza ebenfalls den Luftstickstoff assimilieren, richtig wäre (ihre Versuche sind nicht einwandsfrei, wie die Verfasserin zugibt) so ist dieser Prozess jedenfalls völlig von dem in den Bakterienknöllchen verschieden, denn Ammonsalze treten in diesen Mykotrophen praktisch nicht auf, sind auch in der Mykorrhiza von Erica und Calluna vulgaris z. B. nicht vorhanden.

Zusammenfassung.

Der beim Nachweis der Ammonsalze in den Pflanzen üblichen Methode, Kalilauge zur Freimachung des Ammoniaks zu benutzen, ist nur zu trauen, wenn die Reaktion sehr schnell eintritt. Bei Zimmertemperatur spaltet Kalilauge auch aus einigen Amiden z. B. Asparagin das Ammoniak ab, freilich nur nach einigen Stunden.

Zuverlässig is folgende Methode: durch Chloroformdampf werden die Gewebe getötet, Magnesiumoxyd wird zum Freimachen des Ammoniaks benutzt und letzteres als Ammoniumchloroplatinat im hängenden Tropfen nachgewiesen.

Die gebildete Kristallmenge lässt sich zur Schätzung der vorhandenen Ammonsalze verwenden, sodass die Quantität in den verschiedenen Teilen verglichen werden konnte. Die durch Titration mittelst 0,1 NH_2SO_4 in einzelnen Fällen bestimmte maximale Quantität war 0.2 $^0/_0$ (auf H_3N berechnet).

Freies Ammoniak kommt bei den untersuchten Phanerogamen nur in Bakterienwurzelknöllchen vor, bei den Kryptogamen war es zuweilen bei Hymenomyceten (Clitocybe infundibiliformis) und bei den Lichenen (Peltigera canina) zu finden.

Ammonsalze fand ich bei allen Spezies, mit Ausnahme

der mykotrophen und insektivoren auf Moorboden wachsenden Arten.

Zur selben Jahreszeit haben gleichartige Teile derselben Spezies gleichgrossen Gehalt, Einfluss eines verschiedenen Standortes war fast nicht zu beobachten. Düngung mit Ammonsulfat gab bei Solanum tuberosum ebensowenig eine Zunahme über den gewöhnlichen Gehalt wie Düngung mit Ammonphosphat bei Erica tetralix. In Übereinstimmung hiermit war bei den Wasserkulturen von Pisum sativum und Fagopyrum esculentum die Hinzufügung von Ammonsalzen zu der Croneschen Lösung ohne Einfluss auf den Ammongehalt der Blätter; die Wurzeln hatten dagegen viel höheren Gehalt als bei den Kontrollversuchen in Cronescher Lösung (ohne H_4N-salz); die Salze werden also schnell verarbeitet. Aus der Tatsache dass bei letzteren Kontrollversuchen die Ammonsalze nicht in den Wurzeln jedoch deutlich in den Blättern vorhanden waren, ergiebt sich, dass wenigstens in diesem Falle, die Salze im Zusammenhang mit dem Stoffwechsel entstehen, es sei denn dass als Vorstufe zum Eiweiss sie sich aus Nitraten bilden, es sei dass sie bei der Eiweissdissimilation gebildet werden. Die Vergleichung der verschiedenen Teile einer selben Pflanze lehrte, dass im Allgemeinen der Gehalt der Ammonsalze umso höher (Maximal 0,2 %) ist, je reger der Stoffwechsel in den betreffenden Geweben, eine Tatsache welche in Bezug auf obengenannte Beteiligung am Eiweissstofwechsel sich ja gut verstehen lässt. In etiolierten und gelbbunten Teilen war der Gehalt stets nur sehr wenig höher als in den grünen Geweben derselben Planzenarten.

Verschiedenartige Algen im selben Meereswasser wachsend, hatten sehr ungleichen Gehalt, welcher bei der Flagellat Noctiluca miliaris besonders hoch war. Fungi, ins besondere Hymenomycetes und Lichenes haben oft grossen Gehalt, dagegen waren bei den auf Moorboden

oder auf mooriger Haide wachsenden Lichenen, wie Cladonia rangiferina und pyxidata die Werte klein. Bei den Phanerogamen und Bryophyten bietet die Vergleichung der verschiedenen Pflanzentypen folgende Resultate:

Ein hoher Gehalt kommt vor bei einigen Liliaceae und Cruciferae, besonders Lauch und Kohlarten welche angeblich Ammonsalze als Stickstoffnahrung vorziehen.

Keine oder nur Spuren Ammonsalze finden wir dagegen bei den Insektivoren und Mykotrophen, welche auf saurem schlecht durchlüftetem moorigem Haideboden, der fast keine oder fast unerreichbare Ammonsalze enthält, wachsen, (z. B. Orchisarten, Platanthera bifolia. Polygala depressa, Drosera-arten, Empetrum nigrum, Calluna vulgaris, Erica Tetralix, Gentiana pneumonanthe, Pinguicula vulgaris u.s.w.) Der Gegensatz dieser beiden Typen scheint darauf hinzuweisen, dass die Ammonsalze in erster Linie aus dem Boden herstammen, obengenannte Versuche mit Wasserkulturen zeigen jedoch die Unrichtigkeit dieser Betrachtung und überdies belegen andere Pflanzenarten vom selben Standort (Carex spec, Juncus squarrosus, Eriophorum polystachyum u. s. w.) diese Unrichtigkeit.

Nicht so sehr im Boden selbst, vielmehr im besonderen Stoffwechsel der Mykotrophen, muss die Ursache der Abwesenheit der Ammonsalze liegen; eine nähere Präzisierung der Frage ist leider noch unmöglich.

Die Wurzelknöllchen der Papilionaceae, von Myrica Gale L. und Alnus glutinosa Gaertn., enthielten eine relativ grosse Quantität der Ammonsalze, ebenfalls bei den in saurem fast ammonsalzfreiem Moorboden wachsenden Arten. Die Voraussetzung, dass es dem Boden entnommene, und gespeicherte Ammonsalze waren, trifft hier also schwerlich zu. Die Salze können also Vorstufe zur Eiweissbildung in den Knöllchen oder Dissimilationsprodukte zum Transport nach den andern Teilen sein. Vergleich der Wurzelteile (Rinde und Holz) von Lupinus luteus oberhalb

und unterhalb der Knöllchen zeigte, dass Transport stattfinden mag. Versuche zur Isolierung eines Enzyms, welches Abbau der Eiweissstoffe bis zum Ammoniak zu Stande bringen konnte, gaben bisjetzt noch negatives Resultat.

Die ectotrophe Mykorrhiza der Bäume (Fagus silvatica und Pinus silvestris) gab wie die epidermale Mykorrhiza der Ericaceae keine oder nur sehr schwache Ammonsalz reaktion; hier liegt also ein völlig andrer Stoffwechsel als bei den Papilionaceenknöllchen vor. Wenn sowie Ch. Ternetz wahrscheinlich zu machen versucht hat, die Mykorrhizapflanzen ebenfalls den gasförmigen Stickstoff verwenden so geschieht es in ganz andrer Weise.

In den Wurzeln mit endotropher Mykorrhiza der Orchideen war die Ammonsalzreaktion zuweilen < 1 (Orchis latifolia), zuweilen 1 à 2 (Listera ovata); die scharfe Grenze zwischen ecto und endotropher Mykorrhiza, welche Weyland zieht, ist in dieser Hinsicht verwischt, die ganze Mykorrhizafrage ist jedoch so vielseitig dass sie aus einem Gesichtspunkt nicht gut zu beurteilen ist.

Es ist verlockend aber gefährlich zugleich sich an der Hand obengenannter Tatsachen und Betrachtungen die Frage vorzulegen, warum so bestimmte Pflanzen immer auf dem Haide-Hochmoore und fast nur dort vorkommen; gefährlich weil man in den oekologischen Fragen leicht zu einseitig ist. Wenn wir uns auf den Boden der Stahlschen Hypothese stellen, so können wir seine Betrachtungen über die Nährsalze speziell für die Stickstoffverbindungen gelten lassen und Folgendes sagen.

Der saure Boden der Hochmoore, dem Ammonsalze nahezu fehlen, wo die Nitrifikation nicht vorkommt und nur organische N-haltige Stoffe z. B. Amide und Harnstoff aus tierischen Excrementen und Fäulnissprozessen vorhanden sein können, ist das spezielle Gebiet derjenigen Pflanzen, die in irgend einer Weise, die Aufnahme des unentbehrlichen Stickstoffs zu Stande bringen können. Die

Insektivoren benutzen die tierischen Stickstoffverbindungen; die Pflanzen, welche sowie Myrica Gale, Alnus glutinosa, Genista anglica Wurzelknöllchen haben, eignen sich den atmosfärischen, in den Boden eingedrungenen Stickstoff an. Die Mykotrophen, wie die Orchidaceae, Ericaceae, Gentiana pneumonanthe u. s. w. benutzen wahrscheinlich mit Hülfe ihrer Mykorrhiza die organischen Stickstoffverbindungen. Dem Anschein nach geschieht letzteres am besten im sauren Boden und wird deshalb die Existenz der Mykotrophen durch Kalkdüngung unmöglich.

Amersfoort, Juli 1916.

Tabelle.

Familie.	Spezies.	Objekt.	KOH.	MgO.	Zeit.
Flagellata	Noctiluca miliaris Sur.		5	4 à 5	Juli [1])
Myxomycetes	Fuligo varians Sommf.	fruktif. Plasmodium	3 à 4	2 à 3	Juni
Phaeophyceae	Laminaria digitata L.	thallus	1 à 2	1 à 2	Juli
	Chorda filum Stackh.	„	1 à 2	1 à 2	„
	Ascophyllum nodosum Le Jolis	„	2 à 3	2 à 3	„
	Fucus serratus L.	„	2	2	„
Characeae	Chara foetida A. Br.	„	2 à 3	2	Juli
Rhodophyceae	Gigartina mamillosa J. Aq.	„	1 à 2	1 à 2	„
	Chondris crispus L.	„	2	2	„
Ascomycetes	Sclerotinia tuberosa Hedw.	Askusfrucht	2	1 à 2	April
	Peziza spec.	„	1	1	Sept.
	Geoglossum glabrum Pers.	„	3	2 à 3	„
Hymenomycetes	Cantharellus cibarius Fr.	Hut	3 à 4	3 à 4	„
	Clitocybe infundibiliformis Sch.	„	4	4	„
	Coprinus spec.	„	2 à 3	2 à 3	„
	Lactarius vellereus Fr.	„	2	< 1	„
	„ „ „	Milchsaft	3	< 1	„
	„ turpis Fr.	Hut	3	3	„
	Pholiota squarrosa Müll.	„	2 à 3	2 à 3	„
	Russula fragilis Fr.	„	2	2	„
	Tricholoma equestre L.	„	2 à 3	2 à 3	„
	„ „	Lamellen	3	2 à 3	„
	Hydnum imbricatum L.	Hut	2 à 3	2 à 3	„

Familie.	Spezies.	Objekt.	KOH.	MgO.	Zeit.
	Scleroderma vulgaris Fr.	Fruchtkörper	3	2 à 3	Sept.
	Boletus edulis B.	Hut	4	4	„
	„ badius Fr.	„	2	2	„
	Polyporus perennis L.	„	3	3	„
	Clavaria fragilis Holmsk.	Fruchtkörper	3	3	„
Lichenes	Cladonia rangiferina Ach.		1	< 1	„
	Cladonia pyxidata Ach.	Thallus	1 à 2	1	„
	Evernia prunastri Ach.	„	4	3 à 4	„
	Parmelia physodes Ach.	„	3	3	„
	Peltigera canina Ach.	„	5	4 à 5	„
Musci	Marchantia polymorpha L.	„	1	< 1	„
	Leucobryum glaucum Hpe.	Blätter	< 1	< 1	„
	Sphagnum cymbifolium Ehrh.	„	< 1	< 1	Mai
	Polytrichum commune L.	„	< 1	< 1	Juni
	Polytrichum juniperinum Willd.	„	1	1	Nov.
Filices	Pteris aquilina L.	sehr junges Blatt	4	2 à 3	Juni
Equisetaceae	Equisetum palustre L.	junger Stengel	2	1	Mai
	„ arvense L.	fertieler „	2 à 3	1	April
Lycopodiaceae	Selaginella denticulata Lk.	s. junges Blatt	4 à 5	1 à 2	Febr.
Coniferae	Juniperus communis L.	Blatt	1 à 2	1	Sept.

Familie.	Spezies.	Objekt.	KOH.	MgO.	Zeit.
	Larix decidua Mill.	junge Knospen	2 à 3	1 à 2	April
	Pinus silvestris L.	erw. Blatt	1	1	Sept.
Cyperaceae	Carex panicea L.	„ „	1	1	„
	Eriophorum polystachyum L.	„ „	1 à 2	1	April
	„ „	Wurzeln	1 à 2	1 à 2	„
	„ „	Rhizom	2 à 3	2	„
	Heliocharis multicaulis Sm.	Blatt	1	1	„
	„ „	Wurzeln	2	2	„
Gramineae	Anthoxanthum odoratum L.	erw. Blatt	1 à 2	1	Mai
	Bromus mollis L.	„ „	1	< 1	„
	Holcus lanatus L.	„ „	2	1 à 2	Juni
	Poa annua L.	j. Blatt	3 à 4	1 à 2	Febr.
	„ „	erw. Blatt	1	1	„
	Glyceria fluitans R. Br.	„ „	1 à 2	1 à 2	April
Araceae	Arum maculatum L.	j. „	2 à 3	1 à 2	„
Commelinaceae	Tradescantia fluminensis Vell.	erw. grünes B.	1 à 2	< 1	Febr.
	„ „	„ gelbes B.	2	1	„
	„ virginica L.	„ Blatt	1 à 2	1	Juni
	„ „	Staubfädenhaare	4	2	„
Juncaceae	Juncus squarrosus L.	erw. Blatt	1	1	Oct.
Liliaceae	Allium vineale L.	j. „	4	4	Febr.
	„ „	Zwiebelschuppen	5	4 à 5	„
	„ Cepa L.	„	4 à 5	4 à 5	„
	„ sphaerocephalum L.	erw. Blatt	3	2 à 3	Mai
	„ hymenorhizum Leb.	„ „	3	2 à 3	„
	Asparagus officinalis L.	gelbe Stengelspitze	3	2 à 3	April

Familie.	Spezies.	Objekt.	KOH.	MgO.	Zeit.
	Colchicum autumnale L.	junges B.	2 à 3	1 à 2	März
	Hyacinthus orientalis L.	„ „	3 à 4	3 à 4	Febr.
	Narthecium ossifragum Huds.	erw. „	< 1	< 1	Juni
	Ornithogalum umbellatum L.	j. „	1 à 2	1	„
	Tulipa gesneriana L.	j. „	3 à 4	2 à 3	Febr.
Amaryllidaceae	Galanthus nivalis L.	j. „	3	2	„
	Narcissus Tazetta L.	erw. „	1 à 2	1	„
	„ „	eben befruchtete Samenknospen	3 à 4	2 à 3	„
Iridaceae	Crocus sativus L.	Staubfäden	2	1	April
		Kronblatt	1 à 2	< 1	„
Orchidaceae	Epipactis palustris Crntz.	erw. Blatt	1 à 2	1 à 2	Juni
		Wurzel	1 à 2	1	„
	„ „	Rhizom	1	1	„
	Listera ovata R. Br.	erw. Blatt	2	1 à 2	„
		Wurzel	2	1 à 2	„
	Neottia nidus avis Rich.	Stengelschuppen	2	2	„
		Rhizom	2	2	„
	Orchis incarnata L.	erw. Blatt	1	< 1	„
	„ latifolia L.	j, „	1	< 1	Mai
		Wurzel	1	1	Juli
	„ maculata L.	junges Blatt	1	1	Juni
		Wurzel	1 à 2	1	„
	Platanthera bifolia Rchb.	junges Blatt	< 1	< 1	„
		Wurzel	1	1	„
		Knolle	1	< 1	„

Familie	Spezies.	Objekt.	KOH	MgO.	Zeit.
Juglandaceae	Juglans regia L.	erw. Blatt	1 à 2	1	Sept.
		Kotyledonen	2 à 3	2	„
Myricaceae	Myrica Gale L.	j. Blatt	2 à 3	1 à2	Juni
		junge Schösslinge	2 à 3	2 à 3	Sept.
		Rinde der Zweige	1	1	„
		Pollen	3	3	Febr.
		Wurzel	3	2	Sept.
Salicaceae	Salix cinerea L.	♀ Kätzchen	3 à 4	3	April
	„ repens L.	j. Blatt	2	1 à 2	Juni
Betulaceae	Betula pubescens Ehrh.	♂ Kätzchen	1 à 2	< 1	März
		Rinde dünner Äste	2 à 3	< 1	„
		Holz „ „	1	< 1	„
		Cambium „ „	2 à 3	2	April
	Corylus Avellana L.	erw. Blatt	1 à 2	1	Sept.
		Pollen	3	2	März
		Rinde dünner Äste	3	1	„
Cupuliferae	Fagus silvatica L.	erw. Blatt	2	1 à 2	Sept.
		Kotelydonen	3 à 4	2	„
	Quercus Robur L.	erw. Blatt	1	1	„
		Kotyledonen	2	1 à 2	„
		Galle Biorhiza terminalis	2	1 à 2	Juni
		„ Dryophanta folii	1	< 1	Sept.
Polygonaceae	Polygonum Sachalinense F. Schmidt	sehr j. Blatt	4	2	April
		erw. „	1 à 2	1	Juni
Caryophyllaceae	Stellaria media Voll.	„ „	2	1 à 2	Oct.
Chenopodiaceae	Chenopodium album L.	„ „	1 à 2	1 à 2	„
	Beta vulgaris L. ß cicla	„ „	2	1 à 2	„

Familie.	Spezies.	Objekt.	KOH.	MgO.	Zeit.
Ranunculaceae	Anemone nemorosa L.	s. j. Blatt	2 à 3	2 à 3	Febr.
		Rhizom	2	1 à 2	„
	Caltha palustris L.	j. Blatt	1 à 2	1 à 2	April
		Wurzel	1 à 2	1 à 2	„
	Ranunculus repens L.	erw. Blatt	3	1 à 2	Juni
	Ficaria verna Huds.	j. „	3	2 à 3	Febr.
		Knolle	2	2	„
	Batrachium spec.	unterget. Blatt	2	1 à 2	Mai
Magnoliaceae	Magnolia precox Cor.	Blumenknospe	3 à 4	2 à 3	März
		Blattknospe	2 à 3	1 à 2	„
Papaveraceae	Papaver orientale L.	j. Blatt	2 à 3	1 à 2	April
	Chelidonium majus L.	j. „	3	2	März
Fumariaceae	Corydalis solida Sm.	j. „	2	1 à 2	April
Cruciferae	Barbaraea vulgaris R. Br.	erw. „	1 à 2	1 à 2	Juni
	Brassica oleracea L.	erw. Blatt Savoyer K.	3 à 4	3 à 4	Sept.
	„ Rapa L.	Knolle	2 à 3	1 à 2	„
	Bunias orientalis L.	j. Blatt	3 à 4	3	April
		erw. „	2 à 3	2	„
	Cheiranthus cheiri L.	„ „	3	2	„
	Crambe cordifolia Stv.	j. „	4 à 5	4	„
	„ maritima L.	j. „	3	2 à 3	„
	Erophila verna E. Meijer.	j. „	2	1	März
	Hesperis matronalis L.	j. „	4	2	April
	Iberis sempervirens L.	j. „	2 à 3	1 à 2	„
	Lepidium sativum L.	junges, grünes Blatt	3	2 à 3	„
		„ etioliertes „ hypocotyles	3 à 4	3	„
		Internodium	2 à 3	2	„
	Lunaria annua L.	j. Blatt	3 à 4	1 à 2	März

Familie.	Spezies.	Objekt.	KOH.	MgO.	Zeit.
	Lunaria annua L.	Samen	3	2	Sept.
	Nasturtium amphibium R. Br.	erw. Blatt	2	2	Juni
	Sisymbrium strictissimum L.	j. „	3	2 à 3	Mai
Polygalaceae	Polygala depressa Wend.	erw. „	1	0; < 1	Juni
Droseraceae	Drosera anglica Huds.	j. „	< 1	0	„
	„ intermedia Hyn.	j. „	< 1	0	„
	„ rotundifolia L.	j. „	< 1	0	„
		erw. Blatt mit Insekten	2 à 3	2	„
		erw. Blatt das neulich Insekten gefangen		< 1	„
		Wurzel		1	„
Crassulaceae	Sedum purpurascens L.	j. Blatt	3 à 4	1	April
Saxifragaceae	Ribes grossularia L.	Rinde der Ästchen	2 à 3	1 à 2	März
	„ sanguineum Pursh.	j. Blatt	4	2	Febr.
		erw. „	2	1	Juni
Rosaceae	Geum rivale L.	j. „	2	1 à 2	Mai
	Pirus baccata L.	j, „	3	1 à 2	April
	„ malus L.	Rinde der Ästchen	2 à 3	1 à 2	März
Papilionaceae	Lupinus luteus L.	erw. Blatt	2 à 3	1 à 2	Juni
	„ polyphyllus Lal.	Wurzel	< 1	< 1	„
	Pisum sativum L.	Kotelydonen	2	1 à 2	Sept.
	„ „	hervortretende Plumula	3 à 4	3	„
	Sarothamnus vulgaris Wimm.	erw. Blatt	2	1	„

Familie.	Spezies.	Objekt.	KOH.	MgO.	Zeit.
		Wurzel	1 à 2	1	April
	Trifolium pratense L.	erw. Blatt	2	1	„
	Vicia Faba L.	„ „	1	1	„
		Wurzel	1	1	„
Buxaceae	Buxus sempervirens L.	erw. Blatt	1	1	„
Aquifoliaceae	Ilex aquifolium L.	erw. Blatt	1 à 2	< 1	März
Aceraceae	Acer negundo L.	gelbbuntes Blatt	3	1 à 2	Juni
		grünes Blatt	2	1	„
	Acer platanoides L.	erw. Blatt	1 à 2	1	Sept.
		abgef. gelbes B.	1	< 1	„
Violaceae	Viola odorata L.	j. Blatt	2 à 3	1	Juni
Umbelliferae	Aegopodium podagraria L.	j. „	2 à 3	2	März
		erw. „	1 à 2	1	Juni
	Angelica silvestris L.	erw. „	1 à 2	1	Sept.
	Hydrocotyle vulgaris L.	j. „	2	1 à 2	Juni
Cornaceae	Aucuba japonica Thb.	erw. gelbbuntes Blatt	1 à 2	< 1	März
		erw. grünes Blatt	2 à 3	< 1	„
Aristolochiaceae	Aristolochia clematitis L.	erw. Blatt	1 à 2	< 1	Sept.
Empetraceae	Empetrum nigrum L.	erw. „	2 à 3	< 1	Juni
Ericaceae	Calluna vulgaris Salisb.	j. „	1	0	Juli
	Erica tetralix L.	j. „	1	0	„
	Vaccinium Vitis idaea L.	erw. „	1 à 2	0	Sept.
Pirolaceae	Monotropa hypopitys L.	Stengelschuppen	< 1	0	Juni
		Stengel	< 1	< 1	„
Primulaceae	Primula elatior Jacq.	j. Blatt.	2 à 3	1	März

Familie.	Spezies.	Objekt.	KOH.	MgO.	Zeit.
	Hottonia palustris L.	j. Blatt	3 à 4	3	Febr.
Gentianaceae	Gentiana pneumonanthe L.	erw. „	< 1	0	Aug.
	Menyanthes trifoliata L.	j. „	3	1	Mai
Apocynaceae	Vinca minor L.	erw. „	1 à 2	< 1	März
Convolvulaceae	Cuscuta epithymum L.	erw. Stengel	1 à 2	1 à 2	Juni
Labiatae	Galeobdolon luteum Huds.	j. Blatt.	2 à 3	1	April
	Lamium album L.	erw. „	2	1 à 2	Sept.
Solanaceae	Solanum tuberosum L.	etiolierte Schösslinge	3	1 à 2	März
		erw. Blatt	1 à 2	1	Juli
Scrophulariaceae	Alectorolophus major Rchb.	„ „	1 à 2	1	Juni
	Euphrasia nemorosa Pers.	„ „	1 à 2	1	„
	Melampyrum pratense L.	„ „	1 à 2	< 1	„
	Pedicularis sylvatica L.	j. „	1 à 2	1	„
Orobanchaceae	Orobanche rapae genistae Thuil.	Stengelknolle	1 à 2	1 à 2	„
		Stengelschuppen	2	2	„
Lentibulariaceae	Pinguicula vulgaris L.	j. Blatt	< 1	< 1	„
Rubiaceae	Asperula odorata L.	j. „	2	1	März
Caprifoliaceae	Sambucus nigra L.	j. „	3 à 4	2 à 3	Mai
	„ „	erw. gelbbuntes B.	2 à 3	2	Sept.
		erw. grünes B.	2	1 à 2	„
Valerianaceae	Valeriana dioica L.	j. Blatt	1	0	Mai
Lobeliaceae	Lobelia Dortmanna L.	erw. „	< 1	< 1	Juni
Compositae	Artemisia vulgaris L.	„ „	2	1 à 2	Sept.

Familie.	Spezies.	Objekt.	KOH.	MgO.	Zeit.
	Cirsium anglicum Lobel	erw. Blatt	1	< 1	Juni
	Senecio vulgaris L.	„ „	2 à 3	1 à 2	April
	Sonchus oleraceus L.	„ „	2	1 à 2	Sept.

Pflanzen mit Bakterienknöllchen oder Mykorrhiza.

Familie.	Spezies.	Objekt.	KOH.	MgO.	Zeit.
Papilionaceae	Lupinus luteus L.	erw. Blatt	2 à 3	1 à 2	„
		junge Knöllchen	3	2 à 3	„
		erwachsene „	3 à 4	3 à 4	Juni
		alte „	4 à 5	4 à 5	Sept.
		Wurzelrinde unter den Knöllchen	< 1	< 1	„
		Wurzelrinde oberhalb der Knöllchen	2	1 à 2	„
		Wurzelhals	1 à 2	1 à 2	„
	Lupinus polyphyllus Lal.	Bakterienknöllchen	3 à 4	3 à 4	Juni
		Wurzel	< 1	< 1	Sept.
	Trifolium pratense L.	„	3	2 à 3	„
		Blatt	2	1 à 2	„
		Bakterienknöllchen	5	5	„
	Robinia pseudacacia L.	„ „	3 à 4	3 à 4	„
	Sarothamnus vulgaris Wimm.	erw. Blatt	2	1	„
		Wurzel (dicke)	1 à 2	< 1	„
		„ (dünne)	1 à 2	1	„
		Bakterienknöllchen	4	4	„

Familie.	Spezies.	Objekt.	KOH.	MgO.	Zeit.
	Vicia Faba L.	erw. Blatt	1	1	Sept.
		Wurzel	1	1	„
		Bakterienknöllchen	4 à 5	4 à 5	„
Betulaceae	Alnus glutinosa				„
	Gaertn.	erw. Blatt	1 à 2	1 à 2	
		Rinde und Holz	1 à 2	1 à 2	„
		Wurzel	1 à 2	1 à 2	„
		Wurzelknöllchen	3 à 4	3, 3 à 4	„
Myricaceae	Myrica gale L.	Blatt	2 à 3	1 à 2	„
		Wurzel	3	2 à 3	„
		Wurzelknöllchen	4 à 5	3 à 4	„
Eleagnaceae	Hippophaes				
	rhamnoides L.	erw. Blatt	1 à 2	1	„
		junge Schösslinge	2 à 3	1 à 2	„
		Wurzel	2 à 3	2	„
		Wurzelknöllchen	4	2 à 3	„
Coniferae	Podocarpus				
	elata R. Br.	erw. Blatt	2	1 à 2	„
		Wurzelknöllchen	2 à 3	2 à 3	„
Lycopodiaceae	Psilotum				
	triquetrum Sw.	Stengel	1	1	„
		Rhizom mit Mykorrhiza	2 à 3	2 à 3	„
		Vegetationspunkt der Rhizome ohne Mykorrhiza	1	1	„
Ericaceae	Erica Tetralix L.	Mykorrhiza	1	0	„
	Calluna vulgaris Salisb.	„		< 1	„
Coniferae	Pinus silvestris L.	„	2	< 1	„
Cupiliferae	Fagus silvatica L.	„	1 à 2	< 1	„

[1]) Zwischen den Blattteilen von Psychotria bacteriophila mit Bakterien und denjenigen ohne Bakterien war kein Unterschied zu beobachten. (Gehalt 1 à 2).

Skew frequency curves in Biology and Statistics

by

J. C. KAPTEYN, Ph. D.; Sc. D.

Professor of Astronomy at Groningen.

1. Introduction. The substance of the following paper was delivered as a lecture before the scientific section of the Physical society of Groningen on 14 October 1916. It was meant as a popular exposition of the investigations contained in two more extensive papers published by the Astronomical Laboratory at Groningen, the first of which (by J. C. Kapteyn) appeared in 1903, the second (by J. C. Kapteyn and M. J. van Uven) in 1916 [1]). In what follows I will refer to these papers as *first* and *second paper*.

In writing my part of the second paper — and as a matter of fact even already in the first — I tried, as much as was in me, to avoid any superfluous mathematical development. I found however, that, if we wish to develop the theory in as rigourous a form as possible, it is not well possible to avoid some, to the general reader very formidable looking formulae. As I know very well that this fact will be much in the way of a somewhat extensive application of the theory, I resolved, even at the time of writing the second paper, to work out also a popular

[1]) Printed by Hoitsema Brothers, Groningen.

exposition of the theory in which all such mathematical development should be altogether banished.

The present paper is the outcome of this resolve. It covers the lecture given before the scientific section, but has been slightly extended and completed by the addition of the necessary tables, which will make the reader completely independent of the more extended technical papers. Meanwhile a popular account like the present does not, of course, pretend to supersede the more technical papers altogether. Leaving aside most of what seems to have more of a theoretical than of a practical importance (for the former I have still to refer the reader to our second paper) it tries to give a clear insight in the essential points of the method and to work these out with sufficient detail for practical application.

Before concluding the introduction I wish to repeat the words of the introduction to the 2nd paper:

"The main purpose of both papers — the finding something about causes — is no doubt an ambitious one. Indeed it may be well to warn expressly against too sanguine expectations. The theory necessarily starts from certain assumptions. These assumptions are probably not or not fully realized in nature. Therefore it is impossible to say *a priori* in how far our theory will apply to the cases offered by nature. The main ground for not being altogether sceptical lies in the fact that a close approach to the normal curve has already been found to occur frequently. Now our theory is only as it were an extension of the mathematical theory which leads to the normal curve and this extension starts from what is certainly in innumerable cases a "*vera causa*" *viz* that the "deviations" are dependent on the size already reached by the individuals. A reasoning like that of art. 9 of the first paper (art. 11 of the present one), shows this with perfect evidence.

Still the fact remains that the conclusions to which the theory leads must not be taken as well established facts but rather as *working hypotheses*".

Table I. Stature of 8585 men.

Height in inches.	Numb.	Frequ.	Scheme.	Height in fract. of average Stature.	Frequ.
57					
58	2	0.000			
59	4	.000	0.000		
60	14	.002	.002	0.86	0.001
61	41	.005	.007	.88	.005
62	83	.010	.017	.90	.013
63	169	.020	.037	.92	.034
64	394	.046	.083	.94	.088
65	669	.078	.161	.96	.154
66	990	.115	.276	.98	.198
67	1223	.142	.418	1.00	.200
68	1329	.155	.573	1.02	.166
69	1230	.143	.716	1.04	.085
70	1063	.124	.840	1.06	.040
71	646	.075	.915	1.08	.011
72	392	.046	.961	1.10	.004
73	202	.023	.984	1.12	.001
74	79	.009	.993	1.14	
75	32	.004	.997		
76	16	.002	.999		
77	5	.001	1.000		
78	2	.000			
Total . .	8585	1.000			1.000
average 67.5					

2. Normal curves. It has long been recognized that if we measure a great number of individuals and if then we plot the frequency with which the different statures occur, these frequencies arrange themselves in a regular curve. The following example will illustrate the fact. It summarizes the measures of the length of 8585 [1]) men between the ages of 23 and 50 years in Great Britain.

The meaning of this table is perhaps best seen by an example. From the first part of the table we learn that among a total 8585 men 169, that is the fraction 0.020 of the whole, have a height between 62 and 63 inches and further that the fraction 0.037 of the whole is below 63 inches. The name "Scheme" has been given by Galton to the curve which we get when we plot the numbers of the 4th col. as ordinates corresponding to the numbers of the first col. as abscissae. The curve is represented in fig. 1.

In what follows we will, following the general use, designate the abscissae by the letter x, the ordinates by the letter y.

In the second part of the table the statures have been expressed, not in inches, but in fractions of the average stature, which in the present case (see last line of table) turns out to be 67.5 inches.

In fig, 1 is also shown the frequency curve wich we get by plotting the frequencies of the 3d col. as y's over the numbers of the first Col. as x's.

It will be seen at once that whereas (to take an example) the frequency of stature below 65 inches is represented in the *frequency curve* by an area — the area of the curve below the ordinate of $x = 65$ — it is represented in the *scheme* by this ordinate itself. Quite generally frequencies are represented by areas in the frequency

---

[1]) Taken from: Report of the Brit-Assoc. 1883, p. 256.

curves, by lines in the scheme. This is what gives the scheme a great advantage in many cases.

The same regularity which we here find in the distribution of the frequencies of the different heights of men, we find back in numberless cases presented by nature. In order to see this regularity in its true light it is important to express the sizes of the measured property in fractions of the average amount, as was done in the second part of the preceding table.

Fig. 2 represents three of such cases all expressed in this way:

I. (Highest curve). Represents the same case as that of fig. 1 (stature of men).

II. Length of the lowest fruit on the main stem of 568 specimens of Oenothera Lamarckiana (H. de Vries, Ber. der Deutsch-Bot. Gesellsch., 1894, Bd. 12, Heft 7, p. 200).

III. (Lowest curve). Strength of pull of 519 males aged 23—26. (Galton, Natural Inheritance p. 199.)

The figure shows that in all these cases we get curves having the same characteristics.

a. They reach their maximum for the average value of x;

b. they are symmetrical with regard to this maximum;

c. from the maximum the curves very gradually and without intermission slope down to zero;

d. they meet the x axis tangentially.

In the meanwhile the several curves are still very distinct especially in the fact that the whole range of the deviations from the average value is very different.

All these characteristics remind us very strongly of the frequency curves of accidental observation errors. Gauss and others have derived the mathematical form of these "error curves". They show all the characteristics *a*, *b*, *c*, *d*, and, like our curves, are only different in range, the range of the errors being of course smallest in the case of the best observations.

A comparison of fig. 3 with fig. 2 well illustrates the anology of the two sorts of curves. Fig. 3 shows three "error curves" for observations of unequal precision [1]. It will be acknowledged that the similarity is very striking.

Indeed in a great many cases the differences of the frequency curves of nature with error curves are not greater than can be readily explained by the remaining uncertainties of the observations. Where, as in the case of our curve I, the number of measures is very considerable, a drawing on the scale of that of our figures almost fails to show any difference at all.

It is for this reason that the Gaussian error curve has come to the called the *normal* frequency curve.

3. Skew curves. In the meanwhile it is certain that we find in nature curves which diverge markedly from this normal form. As a striking instance may be considered the wealth-curve, that is the curve giving the frequency of the different amounts of property. I am not in the possession of the direct data for such a curve, but everybody realises that the most frequent amount of property is not very high. Let A be this most frequent amount. As the smallest amount is *zero*, the greatest deviation from the amount A on the one side is — **A**. On the other side it is of course immensily higher. The frequency curve therefore is small in extent on the lower side of the maximum, very extensive on the other. It thus must be a highly dissymmetrical curve.

As a rough substitute for the wealth curve we may perhaps use the frequency curve offered by the *valuation of house property (x) in England and Wales for the years 1885 and 1886*, as given by Pearson. Phil. Trans. Vol. 186, p. 396. Owing to want of detail in the data,

---

[1]) In order to insure the greatest similarity with fig. 2, the modules of precision were taken resp. 18.9; 5.96; 4.38.

there is a slight difficulty in drawing the curve quite empirically very near the value *zero*. For this neighbourhood I have taken the representation resulting from the discussion of this case in Example 3 (see farther on, art. 15). Fig. 4, dotted line, shows this curve.

Another good example is offered by Heymans' observations of the threshold of sensation. It is shown in fig. 5. 120 determinations were made of the minimum weight which still produces a sensation of pressure. The various determinations fall in the curve represented by the figure.

Here too it is evident *à priori*, that if p is the real value of the threshold, deviations on the negative side cannot exceed p, whereas on the other side there is no such limitation. Dissymmety of the curve seems therefore a priori probable.

4. Origin of normal curves. Coming back to the normal curves which, not-withstanding such cases as those just now considered, seem to dominate in nature, we are naturally led to the question; what is the reason of the widespread occurrence of just this curve?

In elucidation of this question I will quote in full the reasoning of the *1th paper* [1]).

Take the following example:

Suppose we have measured the diameters of a great number of ripe berries; that we have determined the frequency of diameters between 2.0 and 2.1; between 2.1 and 2.2 millimetres, and so on from the smallest of all the diameters to the largest one.

Suppose further that these frequencies arrange themselves practically in a *normal* curve.

---

[1]) The following pages (down to the end of art. 12) are practically litterally quoted from the 1st paper. My purpose in inserting so unusually long a quotation has been to make the present popular exposition complete in itself, so that the reader who wishes to acquaint himself with the method may find all he wants together.

How have we to picture to ourselves the way in which just this distribution and no other has originated?

Let us begin by imagining that on a certain date (say 1 May), shortly after the time of blossoming, we isolate a great number p of unripe berries of equal diameter. On that date there will fall a certain quantity of rain which causes some growth of the berries. The gain in diameter will not be the same, however, for all the berries. Some of the shrubs will be much exposed to the rain, others will be more or less screened. The difference of the soil will be cause that some plants will derive a greater benifit from the same quantity of water than others. Various causes in the plants themselves will favour some of the fruits more than others etc. etc.

Most probably, all the fruits will gain in diameter. For the present we will neglect the *mean* growth of the p berries, however, and confine our attention to the deviations from this mean growth.

Part of these deviations must necessarily be *positive* while another part must be *negative*. If we suppose, as the simplest, though certainly by no means probable case, thath half of the berries grow in diameter: mean growth $+ \Delta$, while for the other half this quantity is: mean growth $- \Delta$, then, owing to the rain on 1 May, and to this cause alone, we would have at the end of that date:

a. $\frac{1}{2}p$ berries whose diameters deviate $- \Delta$ from the mean,

b. $\frac{1}{2}p$ „ „ „ „ $+ \Delta$ „ „ „ .

Now consider a second cause of deviation in operation at the same or at some other time.

For the sake of clearness let us take the sunshine of the 2nd of May. This sunshine will be profitable to the berries, but not for all in the same degree. We will suppose that its effect will be the same as that of the rain of the preceding day, that is to say, that it will cause half of the fruits to grow in diameter Δ more, half

of the fruits to grow Δ less, than the average of the whole of the fruits.

Of the $\frac{1}{2}p$ berries (a) which at the the end of 1 May had diameters deviating $-\Delta$ from mean, half will now get a deviation of -2Δ, the other half a deviation zero. Of the $\frac{1}{2}p$ berries (b) half will get the deviation zero, half the deviation $+2\Delta$, so that now we will have,

deviation	-2Δ	0	$+2\Delta$
number of berries	$\frac{1}{4}p$	$\frac{1}{2}p$	$\frac{1}{4}p$.

If we continue in this way and if we remark that the coefficients are no other than the binomial numbers obtained by the development of

$$(\tfrac{1}{2}+\tfrac{1}{2})^2$$

we easely get to the conclusion that, in order to find the distribution of the diameters after the operation of n causes, we will only have to develop the binomial

$$(\tfrac{1}{2}+\tfrac{1}{2})^n = (\tfrac{1}{2})^n\left(1 + n + \frac{n(n-1)}{1.2} + \ldots + n + 1\right) \ldots (1)$$

and we wil have

$$\left.\begin{array}{llll}
\text{deviation} & -n\Delta & \text{in } (\tfrac{1}{2})^n p & \text{cases} \\
\text{,,} & -(n-2)\Delta & \text{,, } (\tfrac{1}{2})^n pn & \text{,,} \\
\text{,,} & -(n-4)\Delta & \text{,, } (\tfrac{1}{2})^n p\dfrac{n(n-1)}{1.2} & \text{,,} \\
\ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\
\text{,,} & +n(n-2)\Delta & \text{,, } (\tfrac{1}{2})^n pn & \text{,,} \\
\text{,,} & +n\Delta & \text{,, } p & \text{,,}
\end{array}\right\} \ldots (2)$$

Taking the deviations as abscissae and the frequencies as ordinates, we get a series of $n+1$ points.

This figure is called a *Point Binomial.*

The continous curve which may be drawn through these points rapidly converges to the normal curve as n becomes larger and larger.

Prof. Galton (Natural Inheritance p. 63) has constructed an apparatus which gives an extremely instructive illustration of this way of generation of the normal curve.

5. Generalisation. In the meanwhile it must be evident, how utterly improbable the supposed effect of the various causes is. Not only will the several causes certainly *not* all have the same effect, but the influence of any one cause on different individuals will in general certainly *not* be to make half of them deviate a determined amount in one sense and the other half the same amount in the other sense. On the contrary, what we will look for is to find that the several individuals will derive the most various advantages of one and the same occasion, so that between the individual who makes the very best use of it and the individual who derives from it the smallest advantage, we will have individuals for whom the avantage has any of the infinite number of intermediate values.

Bessel has shown (Astr. Nachr. vol. 15, pp. 369—405) that, whatever be the effect of the various causes of deviation, as long as they are:

a. very numerous;

b. independent of each other;

c. such that the effect of any one cause is small as compared to the effect of all the causes together,

we will still obtain a curve which approximates the nearer to the normal curve the greater n is.

6. Dissymmetrical Point-Binomials. Bessel considers only causes, the effect of which is to give equal frequency to deviations of equal amount in the positive and negative direction (l.c. p. 378).

If now, with Quételet and Pearson we take into consideration causes which give a "tendency to deviation on one side of the mean unequal to the tendency to deviation on the other side" and if, as in the preceding case, we admit in the first place only causes, which, taken singly, produce no other deviations than those of $+\Delta$ or $-\Delta$; if further we assume that the frequency of the deviation $+\Delta$ stands to the frequency of the deviation

$-\Delta$ as $r : s$ (taking for the sake of convenience the numbers r and s so, that $r + s = 1$) then a reasoning like that of the preceding articles will lead to a binomial of the form $p(r + s)^n$. , ... (3)
and we will have, instead of (2):

$$\left.\begin{array}{llll}
\text{deviation} & -n\Delta & \text{in } pr^n & \text{cases} \\
\text{,,} & -(n-2)\Delta & \text{,, } pnr^{n-1}s & \text{,,} \\
\text{,,} & -(n-4)\Delta & \text{,, } p\dfrac{n(n-1)}{1\,.\,2}r^{n-2}s^2 & \text{,,} \\
\cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\
\text{,,} & +(n-2)\Delta & \text{,, } pnrs^{n-1} & \text{,,} \\
\text{,,} & +n\Delta & \text{,, } ps^n & \text{,,}
\end{array}\right\} \ldots (4)$$

The corresponding point-binomial is again obtained by taking the deviations as abscissae and the number of cases as ordinates.

Now when r and s are very different, if we construct these point-binomials for very moderate values of n, we will find that they give a dissymmetrical arrangement for the deviations and this must be the cause why Quételet and Pearson have started from this form, to get an analytical representation of skew curves.

In order however to make the point-binominal approach a continuous curve and also in other respects to come nearer to the case of nature, we have to take n very considerable.

Now, as soon as we do this, we find that the point-binomial converges very rapidly, not to a *skew* curve, but to the *normal* one. The demonstration is not much more difficult than in the case of the symmetrical point-binomials and is virtually contained in Laplace: Theor. Analyt. des Prob. p. 301 etc. It is owing to this that Pearson does not obtain his curves by determining the limit of the point-binomial (4) for $n = \infty$, but by some indirect device.

If now, as before, we extend our consideration to causes

the effect of which follows any arbitrary law, we will still find the *normal* curve as the limit of the frequency-curve [1]).

The simplest proof of this of which I know, is that given by Crofton Phil. Trans. vol. 160 p. 175. By such a proof the truth of Bessel's result is extended to causes, the effect of which is dissymmetrical.

The only conditions of its validity are the conditions *a*, *b*, *c* enunciated above.

7. Example of the way in which dissymmetrical Point-Binomials tend to become normal. It will be well to illustrate the way in which such a point-binómial as (4) tends to become a normal curve. For, if we consider that in such a binomial as for instance:

$$(\tfrac{1}{4} + \tfrac{3}{4})^n \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (5)$$

the first term is $(\frac{1}{4})^n$ and the last $(\frac{3}{4})^n$, so that, whereas a deviation of

$$-\,n\Delta \text{ will occur } (\tfrac{1}{4})^n \text{ times}$$

the deviation

$$+\,n\Delta \text{ will occur } (\tfrac{3}{4})^n \text{ times,}$$

that is 3^n times as often, it seems at first sight difficult to imagine, how it is that the point-binomial corresponding to (5) still tends to become symmetrical. The seeming paradox is easily explained however.

In fig. 6 is given a representation of the point-binomials corresponding to (5) for the values $n = 4, 8, 12, 16, 20$.

In order that the continuous curves, which we draw through the points of the point-binomial be quite comparable, it is necessary to plot the coëfficients of (5) with intervals in the abscissae which are proportional to $\frac{1}{\sqrt{n}}$

[1]) In nearly every conceivable case the approximation will even be much *more* rapid than in the case of the point-binomial; see note of Bravais in Quetelet's Théor. des Prob. p. 421.

(it seems unnecessary to demonstrate this here) and I have accordingly taken them so.

The curves all begin at the same point of the axis of the abscissae marked 0 in the figure. The end-points lie at *a*, *b*, *c*, *d*, *e*. In reality, therefore, the curves are dissymmetrical; they always extend much further on the left side of the maximum than they do on the right-hand side; but the tail of the curve on the left-hand side is so close to the axis of the abscissae, that is to say, the frequencies of the smaller abscissae are so small, that even for moderate values of n they become quite insensible. For $n = 20$ I have drawn in the figure the normal curve having its maximum coincident with that of the point-binomial. As we see it is already all but wholly coincident with the dissymmetrical curve. For still larger values of n the dissymmetry would very soon disappear even in the most accurate drawings.

In fact, and here lies the explanation of the seeming paradox, for large values of n, the only part of the curves of any importance, is that on both sides of the maximum and this part becomes rapidly normal.

8. How do skew curves orginate? If therefore any causes whatever always produce normal curves, how do the skew curves originate? Though we may not at first sight see this, we may see at once the necessity of their existence.

Suppose, as before, that we find the diameters of certain ripe berries to be distributed in a normal curve.

Let us suppose further, what in most cases must be quite near the truth, that these berries are perfectly similar, and let the question be put: What will be the frequency-curve of the *volumes* of these berries?

It must be evident at once, that the form of this curve must be wholly determined by that of the diameters and a little reflection will easily prove that it cannot be a normal curve.

In the same way we would have found another skew curve, had we taken the surfaces of the berries as the object of our measurements, or if, after arranging the berries in the order of their magnitude, we had determined, for every one, the number of them contained in a fixed weight. We thus begin to realize that skew curves, far from being the exception, must be the rule in nature.

9. Reconciliation of this result with theory. The result here found seems in direct contradiction with the result of the theory, which, as we saw before, demonstrates that the effect of any causes whatever, satisfying the conditions *a*, *b*, *c*, will be the production of a *normal* curve.

For it seems evident at first sight that the causes which produce the variable growth of the diameters of certain berries, being identically the same as those determining the variable growth of the volumes, if the former satisfy the conditions *a*, *b*, *c*, the latter must do so of necessity.

The conclusion, evident as it might seem to be, is false.

If the effect of the sunshine on May 2nd may be considered to be absolutely independent of the effect of the rain on May 1st for *the diameters*, then the same effects are not independent for *the volumes*.

The reason lies in the fact that:

(A) { any causes whatever, the effect of which is different for different sized individuals, cannot be considered as independent.

We see at once the truth of this in our example. For the effect of the rain of May 1st has been to make the several berries *un*equal. Therefore, if the effect of the sunshine is different for individuals of different size, this effect on May 2nd will be another than it would have been had the rain of May 1st not existed and had, in consequence thereof, the berries not been unequal.

The effect of the various causes of growth can be independent, therefore, only in the case that the growth due to any one of these causes is the same for individuals of all sizes. — If we assume this to be the case for the *diameters*, then and then only, will the frequency-curve of these diameters become *normal*.

If however any causes have the same effect on the diameters of large and small individuals, then this same cause will have a *different* effect on the volumes of these same individuals.

Take for instance two berries of diameter 5mm and two of diameter 10mm.

Let the effect of a certain cause be to make them grow as follows:

			mm		mm		mm
1st	berry	from	diam.	5.00	to 5.01;	growth	0.01
2nd	„	„	„	5.00	„ 5.02;	„	0.02
3d	„	„	„	10.00	„ 10.01;	„	0.01
4th	„	„	„	10.00	„ 10.02;	„	0.02

the effect on the diameters of the large and small berries being the same here.

Assuming the berries to be spherical, the growth in volume will be;

1st berry from vol. $\frac{1}{6}\pi\ (5.00)^3$ to $\frac{1}{6}\pi\ (5.01)^3$; growth $0.75 \times \frac{1}{6}\pi mm^3$.
2nd „ „ „ $\frac{1}{6}\pi\ (5.00)^3$ „ $\frac{1}{6}\pi\ (5.02)^3$; „ $1.51 \times \frac{1}{6}\pi mm^3$.
3th „ „ „ $\frac{1}{6}\pi\,(10.00)^3$ „ $\frac{1}{6}\pi\,(10.01)^3$; „ $3.00 \times \frac{1}{6}\pi mm^3$.
4th „ „ „ $\frac{1}{6}\pi\,(10.00)^3$ „ $\frac{1}{6}\pi\,(10.02)^3$; „ $6.01 \times \frac{1}{6}\pi mm^3$.

the growth of the large berries in *volume* is thus found to be practically [1]) 4 times as large as that of the small ones.

After what has been said we thus find, that *if* the various causes of growth may be considered to be inde-

---

[1]) *Practically;* it would be rigorously so only for a growth in diameter infinitely small.

pendent in the case of the diameters, then they cannot longer be considered to be independent in the case of the volumes.

The difficulty of understanding, how it comes to pass that the volumes necessarily give a skew curve, in the case that the diameters give a normal one, is thereby removed.

10. Skew curves generated by causes whose effect depends on size. The net result of the preceding article may be considered to be that, wherever causes are at work, the effect of which depends on the size of the individuals, there we must expect skew curves. The consequence must be that, whereas the reasoning of arts 4—7 might seem to lead to the conclusion that the normal frequency-curves must be the rule in nature, we will conclude now that they must be the exception. For it will be clearly perceived that, even if we assume the effect of certain causes in producing deviations in certain quantities x, to be independent of the value of x, this cannot be the case with quantities proportional to x^2. x^3, $\frac{1}{x}$ etc., or more generally with any quantities whatever depending on x, which are not proportional to x itself.

We thus are led to consider the reverse of the former difficulty, that is: how is it, that normal curves, or at least curves but imperceptly different from normal curves are so common in nature.

The answer seems not difficult to give.

In the case of our example it would be as follows:

As long as the variations in the diameters of the berries are small as compared to the diameters themselves, the effect of the several causes of growth in volume, which depend on the size of the berries, must be little different too. Suppose for instance that the diameters of all our berries ranged only from 7 to 8*mm*, then the effect of

the same cause on the volume of the smallest berry to that on the largest one will be as 49 to 64. This difference is still too small to cause any very marked skewness.

Now such a smallness of the variations as compared with the absolute size of the individuals, seems to be rather the rule in nature. The consequence will be, that, though in reality the curves will be skew, the difference from a normal curve will generally be very small.

The same reasoning explains, how we very generally find errors of observation distributed in normal curves. For in nearly all measurements the errors made will be incomparably smaller than the quantity measured.

There are some measurements however in which the errors become quite of the order of the quantity sought. Such for instance is the determination by observation of the *threshold of sensation*. Further on (see Example II, art. 15, tab. 5, fig. 5) I will give a series of measurements of this quantity, which shows that just in this case we find the errors of observation distributed according to quite another law than that of the normal curve. After what has been said, the fact has nothing very surprising.

11. Conclusion. Summing up, we find that causes independent of the size of the individuals produce normal curves, causes dependent on this size produce skew curves. The latter case must be the general one. There seems every reason to expect, however, that the skewness will be exceedingly small in many cases.

In several cases we feel at once that the effect of the causes of deviation cannot be independent of the dimension of the quantities observed. In such cases we may conclude at once that the frequency-curve will be a skew one. To take a simple example:

Suppose 10000 men to begin trading, each with the same capital; in order to see how their wealth will be

distributed after the lapse of 10 years, consider first what will be their condition at some earlier epoch, say at the end of the fifth year.

We may admit that a certain trader A will then only possess a capital of 100 £, while another may possess 100.000 £.

Now if a certain cause of gain or loss comes to operate, what will happen?

For instance: let the price of an article in which both A and B have invested their capital rise or fall. Then it will be evident that, if the gain or loss of A be 10 £, that of B will not be 10 £, but 10.000 £; that is to say the effect of this cause will not be independent of the capital, but proportional to it.

I think that anybody will admit that it is somewhat the same with the effect of nearly any other cause. The effect will not be the same for the small and the large capitals. *Therefore:* the wealth curve will certainly *not* be a normal curve, but a skew one.

12. Skew-curve machine. On the same lines as Galton's apparatus for the normal curve, I have devised a machine, which will illustrate the genesis of the frequency-curve for the particular case that the effect of the various causes is strictly proportional to the absolute dimensions.

If we might admit that *all* the causes of gain and loss are proportional to the total capital, then this curve would give an exact representation of the wealth distribution. Probably it will give some rude approximation. The apparatus was constructed under the supervision and according to the directions of Prof. Moll and is embodied in the collection of instruments belonging to the botanical laboratory of our university. Those who are familiar with Galton's apparatus will readily understand the present one.

Like Galton's apparatus it is (see fig. 7) a frame

glazed in front of about 5mm depth. The pins however, which give equal deviations, have been replaced by what, for the sake of brevity, I will call *deviators*. They are pentagonal pieces of wood having one side horizontal, two sides perpendicular and the two upper ones inclined under a fixed angle (45°) to the horizon.

For the sake of compactness that part of some of the deviators at the right hand side of the rows, which is of no practical importance, has been cut off. The deviators of the same row have their bases on a horizontal line. The consecutive rows contain 3, 4, 5 . . . . of these deviators. Their breadth, measured from the middle of the channels between them, has been taken proportional to the distance of their tops from the left hand side of the frame, which is vertical. Likewise, though this is not essential, the breadth of channels between the consecutive deviators has been taken proportional to the distance of the middle of the channel to the same side of the frame. The tops of the deviators of any row have been placed just below the middle of the channels of the preceding row. With an infinite or at least a very great number of rows, we might, without changing the final result, have placed them in any way excentrically in regard to these channels.

At the top of the machine, just above the top of the middlemost deviator of the 1st row, has been placed a funnel. If we fill this funnel with fine sand, the grains of the sand will fall on this deviator and will be deviated one half to the right the other to the left. Arriving at the second row, both parts will again be devided in equal parts. The left hand part, however, will not now be so much deviated as the right hand part because of the different breadth of the deviators. As is evident from the construction of the apparatus the deviations will always be proportional to the distance from the left hand side

of the machine. The deviators thus represent causes the effect of which is proportional to the distance from a fixed line; just as the causes of wealth may be said to be roughly proportional to the absolute dimension of this wealth.

After passing through several rows, therefore, the grains of sand must be distributed in a skew curve. This curve is rendered apparent as soon as all the sand is collected in the compartments which have been constructed below the last row.

In order to get workable dimensions for the deviators and the channels, the absolute dimensions have to be somewhat considerable. The total height of the outside of the frame is 104 centimeter and, even so, a few of the very narrowest channels had to be slightly widened to let the sand freely pass (this of course has no influence on the resulting curve).

Practical details. The deviators were made very exactly of equal thickness. They were glued to the glass which forms the front of the machine. The bottom is of tracing-cloth resting on a sheet of flannel, which is firmly pressed against it by a deal board. In this way the escape of the sand between the deviators and the bottom and front of the frame is pretty well avoided.

The beam on which the sand rests after having passed through the machine, can be taken off, in order to remove the sand for later experiments.

13. Questions raised by skew frequency curves. We have reached the result that normal causes are generated under the influence of causes which act with equal force on small and big individuals, whereas skew curves are generated under the action of causes which produce deviations depending on the size of the individual.

We are naturally led to the questions:

Given the observed skew frequency curve of the quantities x,

a. is it possible to assign other quantities z, pure functions of x, which are normally spread?

b. is it possible to find the way in which the deviations depend on the size of the individual?

The importance, especially of the last question will be apparent, if we try to realize its true meaning in those cases where, as for plants and animals or parts thereof, there is *growth*.

For individuals of one determined size, under the influence of one cause, I call *growth* the average increase in size of all these individuals;

fluctuations the individual deviations from the average.

In most of the cases it will presumably be permissible to assume that the average of the fluctuations (these being all taken positively) is proportional to the growth; in other words that the average fluctuation is a certain percentage of the growth. In what follows we will assume that it is so. The consequence will be that the growth will be proportional to the total deviation and we may formulate our question *b*: is it possible to find the way in which the *growth* depends on the size?

Suppose the question solved we might then for instance find that the growth for plants of a certain size becomes all but zero and we would thus be led, by the simple consideration of the frequency curve of the plants harvested at an arbitrary epoch, to the conclusion that there is a period of rest in the growth at the time at which the plants reach such and such a size. Our attention might thus, in quite a new way, be drawn to interesting details in the process of growing.

Coming back now to our questions *a* and *b* themselves, I will develop their solution by the consideration of a particular example:

Suppose we have obtained from the observation of

certain quantities x, the frequencies inserted in the second column of table 2.

Table 2.

x	Observed Frequ.	Observed Scheme	z	z'	$\frac{0.1}{z'}$	$\frac{1}{10}x^3 - 1.50$	$\frac{0.667}{x^2}$
0.0	0.017	0.017	— 1.500			— 1.500	
0.5	.001	.018	— 1.485	0.015	6.7	— 1.485	10.7
1.0	.006	.024	— 1.400	.085	1.18	— 1.400	1.19
1.5	.026	.050	— 1.162	.238	0.42	— 1.162	0.42
2.0	.111	.161	— 0.700	.462	0,22	— 0.700	0.22
2.5	.374	.535	— 0.062	.762	0.131	— 0.062	0.132
3.0	.420	.955	— 1.200	1.138	0.088	— 1.200	0.088
3.5	.045	1.000	∞				

It will be convenient to start, not from the frequency curve, but from the scheme. We therefore formed the scheme in the 3d Col. It has been represented in fig. 8.

Now the question *a* comes to this; can we find any quantities z, which are normally distributed and wich at the same time are pure functions of x, that is, are such that to any given value of x we can assign the corresponding value of z?

The solution of this question is extremely simple. And first: I maintain that the functions z must be such that,

a. they either continuously *in*crease,

b. or continuously *de*crease,

for increasing x's.

They cannot, for instance, begin by increasing and then afterwards change their increase for a decrease. For this would involve that, at the turning point, the z would not change at all for a certain change in x and, as will presently appear, (art. 14, Remark III) this must be considered as being impossible in nature.

Further; of the two cases a and b it will be sufficient to consider only the first. For if (case b) any quantities z, diminishing with increasing x, are normally distributed, then the quantities $-z$, which belong under case a, will also be normally distributed [1]).

Suppose, therefore, the z to increase regularly with the x and let x_1 and z_1 be two corresponding values and let it be remembered that as each individual x must have its corresponding individual z we must suppose the quantities x and z to be in equal number.

It follows that to any x below x_1 corresponds a value of z below z_1 and to any value of x in excess of x_1 a value of z in excess of z_1. For, if to any value x_0 below x_1 corresponded a value z_0 exceeding z_1, we would have, corresponding with the *increase* $x_1 - x_0$ of x, the *decrease* $z_1 - z_0$ of z, which is contrary to our supposition.

As therefore all the x below x_1, and no others, have their corresponding values of z below z_1, we conclude: that the total number of z below z_1 is equal to the total number of x below x_1.

Remembering the meaning of the *scheme*, we may express this by saying; if certain quantities z are pure functions of the quantities x, then *those values of x and z will correspond which in their frequency-schemes have equal ordinates.*

This being granted, let in fig. 8 on the left hand side

---

[1]) More generally: if any quantities z are normally distributed then it must be evident that 2 times, 3 times . . . . b times there quantities must be similarly distributed. Also that this distribution remains normal if we increase all our quantities by the same amount a. This then comes to saying that: if the z are normally distributed: the quantities $a + bz$ (where a and b may either be positive or negative) are also normally distributed. In reality therefore our problem must be considered to have an infinity of solutions. It is sufficient however to find one. From which we may, if we like, form all the others.

the scheme be drawn for *any* normally distributed quantities z. According to what has been said just now, *if* these quantities z are pure functions of x, those values of z and x must correspond, which have equal ordinates. Therefore, if AB is a line parallel to the x-axis, we must take the quantities

$$z = \text{OK and } x = \text{OH}$$

as corresponding quantities.

This solves the first post (*a*) of our problem. For we see

1st that the z are normally spread quantities. In fact we *took* for them normally distributed quantities.

2nd they are pure functions of the x, for to each x we can assign its corresponding z. Our present example has been purposely so chosen that these quantities z are very simply algebraically expressible. It will be found (see last col. but one in table 2) that they are in reality equal to $\frac{1}{10}x^3 - 1.50$. In the present case therefore we are led to the conclusion that these quantities, therefore also the quantities x^3, are normally spread.

Suppose that the observed quantities x, (which are *not* normally spread) represent diameters of certain berries. We would thus be led to the conclusion that had not the diameters been measured, but the weights, we would very probably have found at least approximately a normal distribution.

---

[1]) We can now at once see the truth of what was maintained above that: we are exclusively led to functions z increasing continuously far increasing values of x. For as the frequency of any quantity from its lowest value up to any limit is higher, the higher this limit, the ordinates both of the observed and of the normal scheme necessarily increased with the abscissa. Therefore (see fig. 8) if OH that is x, grows, AH and consequently KB grows. But if BK grows z grows. We conclude that the x and the z grow at the same time. For the rest it is evident that if the z are normally spread, the $-z$ (which *de*crease with *in*creasing x) will also be normally spread.

Remark. We here found the value of z corresponding to any value of x from the figure. So for

$$x = \text{OH} = + 2.00 \text{ we find } z = \text{OH} = - 0.70.$$

There is no difficulty in thus finding the values of the z corresponding to as many values of x as we please. But the same thing may be done even more conveniently and easily by a little table. Such a table will be found at the end of this paper (table 11).

With the argument z it gives the value of S (scheme). For the present purpose we have to enter this table with the given values of S (scheme) and to take out the corresponding values of the z. In fact the values z of table 2 have been thus computed.

14. Question b. It remains to find the way in which the deviations — therefore the growth and the average fluctuation — of the x depend on the size of the x.

The z being normally distributed, we know (see beginning of art. 13) that the deviations are independent of the size of the z. The growth of the bigger and of the smaller individuals are the same and the individual divergences from this mean growth are also the same.

From this it is easy to derive the growth of the x. This is perhaps most easily seen from the example summarised in table 2.

if x grows from 0.0 to 0.5 z grows from — 1.500 to — 1.485 that is

if at the average value 0.25 of x, x grows 0.500 z grows 0.015; similarly

if at the average value 0.75 of x, x grows 0.500 z grows 0.085;

if at the average value 1.25 of x, x grows 0.500 z grows 0.238 etc.

From this we find at once that

$$\text{if, near } x = 0.25,\ z \text{ grows } a,\ x \text{ grows } \frac{0.500\,a}{0.015};$$

if, near $x = 0.75$, z grows a, x grows $\frac{0.500\,a}{0.085}$;

if, near $x = 1.25$, z grows a, x grows $\frac{0.500\,a}{0.238}$ etc.

That is; in order to find the growth of the various x's we have in our table to make the column z' which gives the differences of the consecutive values of the z. If then the growth of any of the z under the influence of any one cause is a (the growth of all the z being equal), the growth of the x's will be

$$\frac{0.500\,a}{z'}$$

that is: the growth of any one x will be proportional to the quantity $\frac{1}{z'}$ corresponding to that x.

For computing these reciprocals $\frac{1}{z'}$ a table has been given at the end of this paper (table 12). For reasons of convenience and because a constant factor is absolutely immaterial, the table gives $\frac{0.1}{z'}$ instead of $\frac{1}{z'}$.

In table 2 the values of the x corresponding to these values of $\frac{0.1}{z'}$ are those intermediate between the values of the first column and it is for this reason that these quantities (as also the z') have been printed between the lines.

I will call *reaction-curve* the graphical representation of the values of $\frac{0.1}{z'}$ or $\frac{0.1}{z'} \times$ const., because its ordinates represent the relative growth and fluctuations, in one word the relative amount of the deviations produced by any one cause for the individuals of different size x, that

is the relative intensity with which individuals of different size *react* on the causes of growth.

The derivation of the *reaction-curve* constitutes the solution of part *b* of our problem. The solution of the problem proposed at the beginning of art. 13 is thereby completed. As already mentioned the present example was chosen in such a way that z becomes a simple *algebraic* function. The consequence is that $\frac{0.1}{z'}$ too becomes such a function. Indeed the reaction is inversely as the square of the dimensions as is shown by the last column which shows the values of $\frac{0.667}{x^2}$. These values are practically equal to those of the 6th col.; only the first is strongly divergent. As will be shown below (Remark II) this is entirely due to the unavoidable uncertainty of $\frac{1}{z'}$ near the limits of the frequency curve.

Remark I. In the preceding derivation is involved the tacit assumption that the rapidity of the growth at $x = 0.25$, 0.75 etc. is the same as the *average* rapidity between the limits $x = 0$ and $x = 0.5$; $x = 0.5$ and $x = 1.0$ etc. I think that in pretty well all cases of practice this assumption is completely allowable. If however in any particular case there should remain any doubt on the matter, recourse might be had to well known mathematical methods. For those not conversant with such methods I would recommend interpolation for smaller intervals of the x in the, thoroughly smoothed, scheme. So for instance in table 2 we would obtain by graphical interpolation by a large scale figure, the values of the ordinates of the scheme for $x = 0.25$, $x = 0.75$ etc. If thus operating with double the number of intervals, we are led to practically the same results as before (after multiplication of all the values by a constant, which in the present case will

be 2) we may safely adopt the results. If there is a sensible difference we may repeat the process by the introduction of still smaller intervals.

Remark II. For those values of x for which the frequencies are very small — such as is usually the case towards the limits — the values of the z but particularly those of $\frac{1}{z'}$ are of necessity unreliable. If we want to know the degree of this unreliability we may change the given frequencies by amounts such as in our judgment may well subsist in our numbers, owing to incertainties of the measures, scarcity of data or other causes. So, for instance: if in table 2 we change the frequencies 0.001 and 0.006 between the values $x = 0.0$ and 0.5 resp. 0.5 and 1.0 to 0.000 and 0.007, the two first values of $\frac{0.1}{z'}$ *viz.* 6.7 and 1.18 will change to ∞ and 1.0.

An equal change in the considerable frequencies between $x = 2.0$ and 3.0 will hardly affect the values of $\frac{0.1}{z'}$ at all. Whereas the reaction curve, therefore, is very reliable for the middle values $x = 1.5$ to $x = 3.0$ it is enormously less so towards the extremities of the curve.

Remark III. Suppose that for a certain very small increase of x, the z did not change at all. The case would necessarily occur if the ordinates of the z curve were partly increasing with the x, partly decreasing. We would then have for the middle of the interval $z' = 0.000$ consequently $\frac{1}{z'} = \infty$. The reaction would thus be infinite. As such a thing cannot exist in nature, the supposed case cannot present itself.

15. Examples. From table 2 it will be seen how very easy the computation of both the normally spread function z and the reaction-curve $\frac{0.1}{z'}$ turns out to be. Having

formed the observed scheme, we at once take out the values of z from table 11 (4th col.). Then, having formed the consecutive differences z' of these z (in the 5th col.) tab. 12 furnishes the values of $\frac{0.1}{z'}$ that is the ordinates of the reaction curve.

The following examples will serve to illustrate further both the process of computation and the conclusions to which this computation leads. The observed numbers and *full* numerical treatment will be given in the Appendix; the corresponding figures will be found at the end of the paper. In all the figures the frequency curve has been represented by a line in short dashes; the z by line in long dashes and the reaction curve by a continuous line. The figure for Example I shows a fourth curve, which is dotted, to represent the scheme. In order to get the figures on a suitable scale I have sometimes multiplied the numbers given in the Appendix for the frequency and the reaction curve $\left(\frac{0.1}{z'}\right)$ by some factor. For reasons that will appear further on such a procedure is not allowable for the z, at least if this curve must serve for the computation of the *quartiles* (see art. 17).

In the treatment of the observations I have sometimes thoroughly smoothed the frequency curve before using it for further work (see the computation in the Appendix). Of course the computer shall take good care not to smooth any trait out that he thinks really indicated by the observations. It is only the quite accidental irregularities that ought to be got rid of in this way. These irregularities are simply the consequence of an insufficiency in the number of observations. Where this number is very considerable all smoothing is rather to be avoided. The same holds for cases (as in our 3d Example below) where, by some inadequacy in the observed numbers, it is somewhat

uncertain, *a priori*, *how* we ought really to draw the frequency curve.

A moment ago (prec. art. Remark II) we drew attention to the relatively great uncertainties, consequently irregularities, we have to expect in the reaction curve, especially towards the limits of the curve. These irregularities would come out smaller if the intervals in the x were taken greater. Such extension of the intervals being generally objectionable on the grounds mentioned above in remark I, the best way to act seems to be to smooth the reaction curve, graphically or otherwise. In the figures accompanying the following examples I have drawn such smoothed curves, but have left visible the points obtained directly from the computation. In fact, I simply drew a somewhat smooth curve passing as nearly as possible through the whole of these points, taking into account of course the very great uncertainty of the extreme points.

Example I. *Stature of 8585 men* (tab. 4 Fig. 1).

The fig. shows that the reaction curve is a *straight line* parallel to the x-axis. We conclude at once that the distribution is a *normal* one (for it means that the reaction, that is the deviations, are independent of the size x).

As must be always the case in the circumstances, the curve of the z is also a *straight line*, which however is inclined.

Example II. *Threshold of sensation* (tab. 5, fig. 5) taken from 1th paper p. 25. The observations are those of Prof. G. Heymans of the minimum weight which still produces a sensation of pressure. From the figure we see that the reaction curve is an inclined straight line, passing through the origin. The reaction is thus found to be proportional to the dimension x, that is in the present case: if under the influence of certain causes the threshold is high, a furher cause will have a greater effect than in the case that the momentary threshold were

low, the effect being proportional to the momentary threshold itself.

We thus are led, by the simple consideration of the frequency curve, to the law of Fechner—Weber (see also 1st paper p. 42).

In all cases like the present in which the reaction curve is an inclined straight line, the curve of the z is a logarithmic one. Mathematically this is proved with the utmost ease. As we wish to avoid mathematical considerations however, the result may be here taken on trust [1]).

If therefore, we had treated as observed quantities, *not* the minimum weights which still produce a sensation of pressure, but the logarithms of these quantities, we would have been led to a *normal* curve.

Example III. Valuation of house property in England and Wales, years 1885—1886 as given by Pearson. Phil. Trans. Vol. 186 p. 396 (tab. 6, fig. 4).

This is the curve which in art. 3 was considered as a rough substitute for the wealth-curve. The fig. shows that the reaction curve is again well represented by an inclined straight line which passes somewhere near the origin. We conclude that the reaction is approximately proportional to the degree of wealth reached, just what, according to art. 11 we had to expect.

The curve of the z must again be a logarithmic one [1]).

This is all that can be maintained. Whether the reaction curve passes absolutely through the origin or not cannot be decided with any certainty. This is not owing to any defect in the method but to a defect in the data. The method tries to solve the problem: Given the observed frequency curve, find the reaction curve. In the present

[1]) If the reaction curve passes through the origin the equation of the z curve will be $z = \log. x$; if it cuts the x axis at $x = k$, the equation will be $z = \log. (x - k)$.

case the observation does *not* furnish the complete frequency curve. We have *not* the number of houses of value between 0 £ and 1 £; between 1 £ and 2 £ etc. We know only that below 10 £ the total number is 3 175 000, which is more than half of all the houses together. The consequence is that really the reaction curve can be assigned *with certainty* only from $x = 15$ £ unwards.

As, from this point on, this curve is evidently well represented by a straight line, we are, however, naturally led to assume that it will still be represented by this line for lower values of x. That therefore also the z curve will be logarithmic throughout. In this supposition we find (and for this interpolation it seemes somewhat better to rely on the simple mathematical computation given 1st paper p. 42) that the reaction curve cuts the x-axis at $x =$ £ 2.2.

Even this result, uncertain as it still is, is in accordance with what we should expect. For it is evident that there is a lower limit different from zero to the value of a house. Our result places this limit at 2.2 £ which seems reasonable enough, though of course we lay no stress whatever on the accuracy of this determination. As soon as more detailed data for the very low values shall be available, the last remaining uncertainty will be removed.

The frequency curve as shown in our figure has been drawn for the very small values of x, in accordance with the above supposition, that is to say in the supposition that for these small values too the log. $(x - 2.2)$ are normally distributed.

Example IV. Diameter of Spores of Mucor Mucedo, measured by Mr. G. Postma in the botanical laboratory at Groningen (unpublished) (tab. 7, fig. 9).

What draws the attention in the frequency curve is the enormous accumulation of individuals near $x = 20.5$. Corresponding therewith we find a very strong minimum in the reaction curve. We thus get an indication that at

about the time when the diameter of a spore becomes about 18 or 19 units, there occurs a period of relative rest in their growth. I find just the same thing in the spores of Mucor Mucelagineus which have also been measured by Mr. Postma. As has already been pointed out (art. 1), we have to consider such a result rather as an indication (as a working hypothesis) than as a well established fact. In the present case there is outside evidence for the belief that our interpretation is the correct one. This evidence, to which my attention was kindly drawn by Prof. Hugo de Vries, is to be found in the result, arrived at already in 1884 by Prof. Errera, that there is a period of rest in the growth of the *sporangia* of some of the fungi of the same family.

Much weight ought not to be attributed to the downward slope of the reaction curve at both its extremeties. As already explained (art. 14, Remark II) the uncertainties near the limits are usually very considerable. They are so in the present case.

The fact here found, that to an abnormal accumulation somewhere in the frequency-curve there corresponds a minimum in the reaction curve, is general. The converse holds too; wherever there is in the frequency curve an abnormal depression, there we will find high ordinates in the reaction curve.

A good illustration is furnished by

Example V. Length of wheat-ears, grown under unfavorable circumstances (closely sown in poor soil), measured by Dr. C. de Bruyker (Handelingen 13e Vlaamsch Nat, en Geneesk. Congr. p. 172) (tab. 9, fig. 10).

The frequency curve is double topped. It is usual in such cases to conclude that we have to do with hybrids or with a mixture of two different species. In the present case there seems to be no reason whatever for such a supposition. Turning to our solution we find that the reaction curve shows a growth, which, for the smaller

individuals is exceedingly small. At about size $x = 35$, this growth begins to increase with great rapidity. It rises to a high maximum for sizes between 50 and 70 mm, after which it again diminishes.

The whole case shows the greatest analogy with the next example and the explanation suggested by the reaction curve is much the same.

Example VI. [1]) (Stalk-length of *Linum crepitans*, measured at a moment in which the growth had not yet ceased by Miss A. Haga (Tab. 8 Fig. 11).

The frequency curve is again two topped. It might be described as a fairly common sort of curve with an enormous accumulation near the lower extremity.

About the treatment of this curve I will quote the words of 2nd paper p. 68. „As this might be a good test „case, we requested that no particulars should be com- „municated before we had derived the normal function (z) „and the reaction curve $\left(\frac{0.1}{z'}\right)$ in the ordinary way."

As a consequence we knew nothing of the nature of the object measured, safe that (as the numbers came from the botanical laboratory) they were in all probability relative to plants or parts thereof.

The reaction curve found and shown in the figure „starts from zero and then rises extremely abruptly. A „maximum however is soon reached at about $x = 27$, „after which it steadily decreases, so that the reaction „(growth) for $x = 100$ is already below half what it is at „maximum.

„The meaning of this is of course, that the individuals „evidently have great difficulty in starting their growth. „There seems to be an almost insuperable impediment „against beginning growth. Those individuals however,

[1]) Kindly communicated by Miss Dr. Tammes.

„who succeed in overcoming the first difficulty then begin „to grow very rapidly indeed, the rapidity increasing till „the size 27 is reached. After that the growth begins to „diminish; it gradually decreases, to only half of the „maximum growth for the individual of size 100 and to „one eighth of the maximum growth for individuals of „size 170.

„All this proves to be in good agreement with what „has been really observed. Dr. Tammes writes: „„the „„case I sent you is as follows: the quantities communi- „„cated are stalk-lengths of *Linum crepitans*, a variety „„of the ordinary flax. They were measured, at a moment „„in which the growth had not yet ceased, by Miss „„A. Haga. The seeds were sown in a great deep „„flower-pot. Their number was purposely taken very „„high, so that they were *extremely crowded*. At starting, „„therefore, the difficulty for each seed was to get a „„root into the soil. It seems allowable to assume that „„all seeds germinated. This has necessarily entailed an „„intense struggle and many individuals must not have „„succeeded or not sufficiently succeeded. For those who „„really got their root in the soil there now came a good „„time. There was plenty of food for a good many of „„very small plants. The case however changed when the „„plants, becoming greater, required more room. Then a „„second struggle ensued, *viz* the struggle for the available „„food in the too narrow room. The plants now became „„more and more impeded in their growth.

„„It seems to me that the conclusions from your curve „„are well in accordance with the facts.""

16. Proportional curves.

What becomes of the frequency curve:

a. if for any one cause the reaction becomes λ fold;

b. if — the average reaction or deviation remaining equal — the *number* of causes grows in the proportion of $1 : \lambda$?

In the 2nd paper (p. 27) these curves were called *proportional* curves resp. of the *first* and of the *second* kind.

A distinction between the two kinds simply by the aid of the given frequency curves is impossible. Whether it will ever be possible to obtain the data necessary for such a distinction I do not know. For the present exposition it may at all events be sufficient to treat only the *first* kind of curve, referring those who might be interested in the curves of the second kind to the 2nd paper (p. 27).

As for any one cause the reaction becomes λ fold, the total reaction, that is the ordinate $\frac{1}{z'}$ if the reaction-curve, becomes λ fold. Therefore: *The ordinates of the reaction curves of proportional frequency curves are proportional* [1]).

If the quantities corresponding to the λ fold causes are distinguished by the suffix λ, we get for the numerical expression of this property:

$$(a) \qquad \frac{1}{z_\lambda'} : \frac{1}{z'} = \lambda \text{ or } z'_\lambda = \frac{1}{\lambda}.z'.$$

I found this criterium of proportionality satisfied, with surprising approximation, in the case of the summer and winter barometerheights at den Helder, the data for which I owe to the courtesy of my friend Dr. v. d. Stok.

The observed frequencies, as well as the values of the quantities z and z' computed from them, will be found in tab. 10.

The last column shows the proportions

$$\frac{z'_w}{z'_s}$$

It is true that these still show small irregularities, but they are not greater than might have been expected

---

[1]) This holds for proportional curves of both the 1st and the 2nd kind. In the first the proportion is as $1 : \lambda$ in the second as $1 : \sqrt{\lambda}$ (see 2nd paper).

(compare what has been said in Remark II art. 14) and do not show a well marked systematic change. In fact we may say with considerable approach to truth that the proportion is equal to the average value

$$0.544$$

throughout.

The conclusion to which we are thus led would be, that the difference in the distribution of the summer and winter barometerheights can be explained by assuming that they are governed by the same causes, which, however, in summertime act with an intensity of only about $54^1/_2$ percent the intensity in winter time.

It may contribute to a better understanding of the meaning of proportional curves, if we compute the frequency curve of the summer barometer readings theoretically from the winterreading. This computation offers no difficulty provided we first derive empirically *two* numbers from a comparison of the summer and winter observations. The first is the number $\lambda = 0.544$ already fouud. This is sufficient for the computation of the z'_s by

$$(b) \qquad z'_s = \frac{z'_w}{0.544}.$$

The further computation now becomes the inverse of that followed before, when we derived the z' from the observations. From the z' (see tab. 9) we first obtain the z. From these we then derive the values of the scheme and these finally yield the frequencies.

In passing from the z'_s to the z_s we will want the *second* of the necessary numbers. For as the z' are simply the differences of the z, in order that the z' may be $\frac{1}{0.544}$ times greater, the z themselves must be $\frac{1}{0.544}$ times greater. Besides, however, the z may all be increased by the same amount A. For it is evident that such an increase

will have no influence on the differences z'. We thus have

(c) $$z_s = A + \frac{z_w}{0.544}.$$

This constant A then is the second quantity which we

Table 3.

Bar. heights in mm.	Frequency		0 — C.
	Obs.	Comp.	
736.5			
738.5	0.0000	0.0001	— 0.0001
740.5	.0004	.0003	+ .0001
742.5	,0011	.0008	+ .0003
744.5	.0024	.0021	+ .0003
746.5	.0061	.0048	+ .0013
748.5	.0106	.0103	+ .0003
750.5	.0194	.0205	— .0009
752.5	.0353	.0377	— .0024
754.5	.0583	.0590	— .0007
756.5	.0850	.0835	+ .0015
758.5	.1103	.1110	— .0007
760.5	.1321	.1322	— .0001
762.5	.1401	.1398	+ .0003
764.5	.1369	.1315	+ .0054
766.5	.1101	.1128	— .0027
768.5	.0774	.0786	— .0012
770.5	.0446	.0466	— .0020
772.5	.0207	.0203	+ .0004
774.5	.0074	.0063	+ .0011
776.5	.0015	.0015	.0000
778.5	.0003	.0003	.0000
780.5	.0000	.0000	.0000
Totals	1.0000	1.0000	

have to borrow from the observations. I find that every thing is best represented if we take

(*d*) $$A = 0.016.$$

With this value formula (*c*) furnishses all the z_s.

These being obtained we find the numbers in the column "Scheme" by such a table as tab 11. In the present case it is necessary to use 4 decimals and I therefore made use of the table at the end of the 2nd paper. — Having got the scheme, we get the frequency curve by taking the differences between consecutive values.

The results obtained in this way are as shown by table 3, third column. The second shows the observed frequencies. The agreememt is surprising.

Remark 1. If by such agreement we feel convinced that we have really to do with proportional curves and if — by some independent means — we could be sure that the proportionality were of the first kind, then the curious result would follow, that we could determine the undisturbed barometer-height at den Helder, that is the reading the barometer would show in the absence of any perturbing factors. We must however refer to the 2nd paper for this matter.

Remark 2. All normal curves may be considered as proportional curves.

17. Medians and quartiles.

If we call

$x_{0.25}$ the x for which corresp. value in scheme is 0.25
μ ,, ,, ,, ,, ,, ,, ,, ,, ,, 0.50
$x_{0.75}$,, ,, ,, ,, ,, ,, ,, ,, ,, 0.75

then, according to difinition of the scheme

one fourth of all the x lie below $x_{0.25}$
,, ,, ,, ,, ,, ,, ,, between $x_{0.25}$ and μ
,, ,, ,, ,, ,, ,, ,, ,, μ ,, $x_{0.75}$

and according to usage

(*e*) $\begin{cases} \mu \text{ is called the } \textit{median}; \\ \mu - x_{0.25} \text{ is called the } \textit{1st quartile}; \\ x_{0.75} - \mu \text{ ,, ,, ,, } \textit{2nd} \text{ ,,} \end{cases}$

A slight interpolation in our tables will thus yield these quantities.

If we wish to take them out of our figures we have to consider that

to value	0.25	in scheme	corresp.	the value		$z =$	$-0.4769\ldots$
,, ,,	0.50	,, ,,	,,	,,	,,	$z =$	$0.0000\ldots$
,, ,,	0.75	,, ,,	,,	,,	,,	$z =$	$+0.4769\ldots$

Therefore the values $x_{0.25}$, μ, $x_{0.75}$ will be the x for which z is resp. $-0.4769\ldots$, $0.0000\ldots$ and $+0.4769\ldots$ In the figures the horizontal lines representing these values have been drawn slightly heavier than the rest. For the points of intersection of the z line with these heavier lines we have thus to read off the abscissae. They are at once the values of $x_{0.25}$, μ and $x_{0.75}$ and we have the median and quartiles by (*e*).

Table 4. Example I. Stature of 8585 men.
(fig. 1.)

x in inches.	Frequ. see tab. 1.	Scheme.	z by tab. 11.	z'.	$\frac{0.1}{z'}$ by tab. 12.
59	0.002	0.002	— 2.03	0.29	0.34
60	.005	.007	— 1.74	.24	.42
61	.010	.017	— 1.50	.24	.42
62	.020	.037	— 1,26	.28	.36
63	.046	.083	— 0.980	.280	.36
64	.078	.161	— 0.700	.280	.36
65	.115	.276	— 0.420	.273	.37
66	.142	.418	— 0.147	.277	.36
67	.155	.573	+ 0.130	.274	.36
68	.143	.716	0.404	.299	.33
69	.124	.840	0.703	.267	.37
70	.075	.915	0.970	.28	.36
71	.046	.961	1.25	.27	.37
72	.023	.984	1.52	.22	.45
73	.009	.993	1.74	.20	.50
74	.004	.997	1.94	.25	.40
75	.002	.999	2.19		
76	.001	1.000			
77	.000				

Table 5. Example II. Threshold of Sensation.
(fig. 5.)

x in decigr.	Numb.	Frequ.	Smoothed.	Scheme.	z by tab. 11.	z'	$\frac{0.1}{z'}$ by tab. 12.
0.5							
1.5	1	0.008	0.008	0.008	— 1.70	0.58	0.172
2.5	6	.050	.049	.057	— 1.12	.572	.175
3.5	23	.192	.162	.219	— 0.548	.405	.247
4.5	21	.175	.201	.420	— 0.143	.325	.308
5.5	21	.175	.181	.601	+ 0,182	.280	.357
6.5	15	.125	.142	.743	0.462	.245	.408
7.5	15	.125	.098	.841	0.707	.200	.500
8.5	3	.025	.059	.900	0.907	.188	.532
9.5	7	.058	.039	.939	1.095	.175	.571
10.5	3	.025	.025	,964	1.27	.16	.625
11.5	2	.017	.014	.978	1.43	.14	.715
12.5	0	.000	.009	.987	1.57	.13	.77
13.5	1	.008	.005	.992	1.70	.12	.83
14.5	1	.008	.003	.995	1.82	.13	.77
15.5	0	.000	.002	.997	1.95	.08	1.25
16.5	0	.000	.001	.998	2,03	.16	0.62
17.5	1	.008	.001	.999	2.19		
	0	.000	.001	1.000	∞		
Total	120						

Table 6. Example III.
Valuation of house property.
(fig. 4.)

x, unit 1 £.	Numb. in thousands.	Frequ.	Scheme.	z by tab. 11.	z'.	$\frac{0.1}{z'}$ by tab. 12.
0			0.000	$-\infty$		
10	3175	0.544	.544	$+0.078$	∞	0.00
20	1451	.249	.793	.578	0.500	0.20
30	441.6	.076	.869	.795	.217	0.46
40	259.8	$.044^5$	$.913^5$	.963	.168	0.59^5
50	151.0	.026	$.939^5$	1.097	.134	0.75
60	90.4	$.015^5$	.955	1.20	.10	1.00
70	62.4	.011	.966	1.29	.09	1.1
80	41.7	.007	.973	1.36	.07	1.4
90	27.4	$.004^5$	$.977^5$	1.42	.06	1.7
100	19.9	$.003^5$	.981	1.47	.05	2.0
	109.7	.019	1.000	∞		
Total	4829.7					

Table 7. Example IV.
Diam. of Spores of Mucor Mucedo.
(fig. 9.)

x unit 3.27 μ	Numb.	Frequ.	Smooth.	Scheme.	z by tab. 11.	z'.	$\frac{0.1}{z'}$ by tab. 12.
10							
11	3	0.009	0.004	0.004	— 1.88		
12	3	.009	.006	.010	— 1.65	0.23	0.44
13	2	.006	.011	.021	— 1.44	.21	.48
14	7	.021	.020	.041	— 1.23	.21	.48
15	11	.033	.028	.069	— 1.05	.18	.56
16	12	.036	.039	.108	— 0.875	.175	.57
17	25	.076	.058	.166	— 0.687	.188	.53
18	26	.079	.077	.243	— 0.492	.195	.51
19	26	.079	.108	.351	— 0.309	.183	.55
20	50	.152	.151	.502	+ 0.003	.312	.32
21	106	.321	.314	.816	0.633	.630	.16
22	33	.100	.098	.914	0.965	.332	.30
23	10	.030	.037	.951	1.17	.205	.49
24	6	.018	.023	.974	1.37	.20	.50
25	7	.021	.015	.989	1.62	.25	.40
26	3	.009	.007	.997	1.94	.32	.31
			.003	1.000			
Total	330						

Table 8. Example VI.
Stalk-lengths of Linum crepitans.
(fig. 11.)

x in mm.	Numb.	Frequ.	Smoothed.	Scheme.	z by tab. 11.	z'.	$\frac{0.1}{z'}$ by tab. 12.
0				0.000	— ∞		
5	148	0.111	0.111	.111	— 0.863	∞	0.0
10	15	.011	.011	.122	— .823	0.040	2.5
15	9	.007	.008	.130	— .797	.026	3.85
20	8	.006	.007	.137	— .775	.022	4.55
25	7	.005	.006	.143	— .756	.019	5.3
30	10	.007	.006	.149	— .738	.018	5.6
35	9	.007	.006	.155	— .718	.020	5.0
40	9	.007	.007	.162	— .698	.020	5.0
45	10	.007	.008	.170	— .675	.023	4.35
50	14	.011	.009	.179	— .650	.025	4.0
55	13	.010	.010	.189	— .622	.028	3.6
60	13	.010	.011	.200	— .595	.027	3.7
65	21	.016	.013	.213	— .562	.033	3.0
70	16	.012	.014	.227	— .530	.032	3,1
75	22	.016	.015	.242	— .495	.035	2.9
80	19	.014	.016	.258	— .462	.033	3.0
85	21	.016	.017	.275	— .425	.037	2.7
90	19	.014	.018	.293	— .388	.037	2.7
95	38	.028	.019	.312	— .348	.040	2.5
100	21	.016	.020	.332	— .310	.038	2.6
105	25	.019	.020	.352	— .270	.040	2 5
110	23	.017	.022	.374	— .228	.042	2.4
115	43	.032	.025	.399	— .183	.045	2.2
120	34	.025	.029	.428	— .130	.053	1.9

x in mm.	Numb.	Frequ.	Smoothed.	Scheme.	z by tab. 11.	z'.	$\frac{0.1}{z'}$ by tab. 12.
125	46	0.034	0.034	0.462	− 0.070	0.060	1.7
130	56	.042	.040	.502	+ .003	.073	1.37
135	63	.047	.046	.548	.085	.082	1.22
140	65	.049	.054	.602	.183	.098	1.02
145	94	.070	.058	.660	.292	.109	0.92
150	65	.048	.059	.719	.410	.118	0.85
155	83	.062	.055	.774	.532	.122	0.82
160	55	.041	.049	.823	.655	.123	0.81
165	71	0.053	0.043	.866	.783	.128	0.78
170	43	.032	.037	.903	.920	.137	0.73
175	46	.034	.030	.933	1.060	.140	0.71
180	26	.020	.023	.956	1.21	.15	0.67
185	24	.018	.017	.973	1.36	.15	0.67
190	16	.012	.012	.985	1.53	.17	0.59
195	11	.008	.008	.993	1.74	.21	0.48
200	2	.002	.004	.997	1.94	.20	0.50
205	2	.001	.002	.999	2.20	.26	0.38
210	1	.001	.001	1.000	∞		
215	0	.000	.000				
220	0	.000	.000				
225	2	.001	.000				
Total	1338						

Table 9. Example V. Length of wheat ears. (fig. 10.)

x in mm.	Numb.	Frequ.	Smoothed.	Scheme.	z by tab. 11.	z'.	$\frac{0.1}{z'}$ by tab. 12.
20.5							
	28	0.075	0.075				
30.5				0.075	— 1.018		
	101	.272	.272			0.740	0.14
40 5				.347	— 0.278		
	30	.081	.081			.140	0.71
50.5				.428	— .138		
	15	.040	.046			.092	1.09
60.5				.474	— .046		
	26	.070	.050			.088	1.14
70.5				.524	+ .042		
	24	.065	.074			.134	0.75
80.5				.598	.176		
	37	.099	,106			.202	0.50
90,5				.704	.378		
	58	.156	.150			.367	0.27
100.5				.854	.745		
	35	.094	.100			.445	0.22
110.5				.954	1.190		
	15	,040	.038			.51	0.20
120.5				.992	1.70		
	2	.005	.005			(.24)	(0.42)
130.5				.997	1.94		
	1	.003	.003				
140.5				1.000	∞		
Total	372						

Table 10. Barometerheights at Den Helder (1876.0—1905.0). (fig. 12).

	Winter (Nov.—Feb.)				Summer (May—Aug.)				Proport.
x in mm.	Obs. frequ.	Scheme.	z_w by tab. 11.	z'_w	Obs. frequ.	Scheme.	z_s by tab. 11.	z'_s	$\frac{z'_w}{z'_s}$
720.5	0.0000	0.0000							
722.5	.0001	.0001	— 2.64						
724.5	.0002	.0003	— 2.43	0.21					
726.5	.0004	.0007	— 2.27	0.16					
728.5	.0007	.0014	— 2.115	.155					
730.5	.0014	.0028	— 1.960	.155					
732.5	.0025	.0053	— 1.807	.153					
734.5	.0038	.0091	— 1.670	.137					
736.5	.0052	.0143	— 1.548	.122					
738.5	.0080	.0223	— 1.420	.128	0.0000	0.0000			
740.5	.0107	.0330	— 1.300	.120	.0004	.0004	— 2.38		

742.5	.0148	.0478	— 1.178	.122	.0011	.0015	— 2.10	+ 0.28	0.44	
744.5	.0205	.0683	— 1.053	.125	.0024	.0039	— 1.88	.22	.57	
746.5	.0251	.0934	— 0.933	.120	.0061	.0100	— 1.645	.235	.51	
748.5	.0321	.1255	— 0.812	.121	.0106	.0206	— 1.445	.200	.60	0.550
750.5	.0401	.1656	— 0.687	.125	.0194	.0400	— 1.238	.207	.60	
752.5	.0493	.2149	— 0.558	.129	.0353	.0753	— 1.016	.222	.58	
754.5	.0556	.2705	— 0.432	.126	.0583	.1336	— 0.785	.231	.54⁵	
756.5	.0618	.3323	— 0.307	.125	.0850	.2186	— 0.549	.236	.53	
758.5	.0682	.4005	— 0.178	.129	.1103	.3289	— 0.313	.236	.55	
760.5	.0740	.4745	— 0.045	.133	.1321	.4610	— 0.069	.244	.54⁵	.539
762.5	.0767	.5512	+ 0.091	.136	.1401	.6011	+ 0.181	.250	.54⁵	
764.5	.0767	.6279	+ 0.231	.140	.1369	.7380	+ 0.451	.270	.52	
766.5	.0785	.7064	+ 0.384	.153	.1101	.8481	+ 0.727	.276	.55	
768.5	.0734	.7798	+ 0.545	.161	.0774	.9255	+ 1.020	.293	.55	
770.5	.0673	.8471	+ 0.724	.179	.0446	.9705	+ 1.331	.311	.57⁵	
772.5	.0552	.9023	+ 0.916	.192	.0207	.9908	+ 1.667	.336	.57	.551
774.4	.0396	.9419	+ 1.111	.195	.0074	.9982	+ 2.06	.393	.50	
776.5	.0269	.9688	+ 1.318	.207	.0015	.9997	+ 2.43	.37	.56	
778.5	,0173	.9861	+ 1.554	.236	.0003	1.0000				
780.5	.0087	.9948	+ 1.810	.256	.0000					
782.5	.0036	.9984	+ 2.085	.275						
784.5	.0012	.9996	+ 2.38	.295						
786.5	.0004	1.0000								
	.0000									

Mean 0.544

z	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	S.									
—0.0	0.500	0.494	0.489	0.483	0.477	0.472	0.466	0.461	0.455	0.449
—0.1	.444	.438	.433	.427	.423	.416	.410	.405	.400	.394
—0.2	.389	.383	.378	.372	.367	.362	.357	.351	.346	.341
—0.3	.336	.331	.325	.320	.315	.310	.305	.300	.295	.291
—0.4	.286	.281	.276	.272	.267	.262	.258	.253	.249	.244
—0.5	.240	.235	.231	.227	.223	.218	.214	.210	.206	.202
—0.6	.198	.194	.190	.186	.183	.179	.175	.172	.168	.165
—0.7	.161	.158	.154	.151	.148	.144	.141	.138	.135	.132
—0.8	.129	.126	.123	.120	.117	.115	.112	.109	.107	.104
—0.9	.102	.099	.097	.094	.092	.090	.087	.085	.083	.081
—1.0	.079	.077	.075	.073	.071	.069	.067	.065	.063	.062
—1.1	.060	.058	.057	.055	.053	.052	.050	.049	.048	.046
—1.2	.045	.044	.042	.041	.040	.039	.037	.036	.035	.034
—1.3	.033	.032	.031	.030	.029	.028	.027	.026	.025	.025
—1.4	.024	.023	.022	.022	.021	.020	.019	.019	.018	.018
—1.5	.017	.016	.016	.015	.015	.014	.014	.013	.013	.012
—1.6	.012	.011	.011	.011	.010	.010	.009	.009	.009	.008
—1.7	.008	.008	.007	.007	.007	.007	.006	.006	.006	.006
—1.8	.005	.005	.005	.005	.005	.004	.004	.004	.004	.004
—1.9	.004	.003	.003	.003	.003	.003	.003	.003	.003	.002
—2.0	.002	.002	.002	.002	,002	.002	.002	.002	.002	.002
—2.1	.001	.001	.001	.001	.001	.001	.001	.001	.001	.001
—2.2	.001	.001	.001	.001	.001	.001	.001	.001	.001	.001
—2.3	.001	.001	.001	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000

z	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	S.									
+0.0	0.500	0.506	0.511	0.517	0.523	0.528	0.534	0.539	0.545	0.551
+0.1	.556	.562	.567	.573	.578	.584	.590	.595	.600	.606
+0.2	.611	.617	.622	.628	.633	.638	.643	.649	.654	.659
+0.3	.664	.669	.675	.680	.685	.690	.695	.700	.705	.709
+0.4	.714	.719	.724	.728	.733	.738	.742	.747	.751	.756
+0.5	.760	.765	.769	.773	.777	.782	.786	.790	.794	.798
+0.6	.802	.806	.810	.814	.817	.821	.825	.828	.832	.835
+0.7	.839	.842	.846	.849	.852	.856	.859	.862	.865	.868
+0.8	.871	.874	.877	.880	.883	.885	.888	.891	.893	.896
+0.9	.898	.901	.903	.906	.908	.910	.913	.915	.917	.919
+1.0	.921	.923	.925	.927	.929	.931	.933	.935	.937	.938
+1.1	.940	.942	.943	.945	.947	.948	.950	.951	.952	.954
+1.2	.955	.956	.958	.959	.960	.961	.963	.964	.965	.966
+1.3	.967	.968	.969	.970	.971	.972	.973	.974	.975	.975
+1.4	.976	.977	.978	.978	.979	.980	.981	.981	.982	.982
+1.5	.983	.984	.984	.985	.985	.986	.986	.987	.987	.988
+1.6	.988	.989	.989	.989	.990	.990	.991	.991	.991	.992
+1.7	.992	.992	.993	.993	.993	.993	.994	.994	.994	.994
+1.8	.995	.995	.995	.995	.995	.996	.996	.996	.996	.996
+1.9	.996	.997	.997	.997	.997	.997	.997	.997	.997	.998
+2.0	.998	.998	.998	.998	.998	.998	.998	.998	.998	.998
+2.1	.999	.999	.999	.999	.999	.999	.999	.999	.999	.999
+2.2	.999	.999	.999	.999	.999	.999	.999	.999	.999	.999
+2.3	.999	.999	.999	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

For table in 4 decimals see 2nd paper.

z'	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0.00	∞	100.0	50.0	33.3	25.0	20.0	16.7	14,3	12.5	11.1
.01	10.00	9.09	8.33	7.69	7.14	6.67	6.25	5.88	5.56	5.26
.02	5.00	4.76	4.55	4.35	4.17	4.00	3.85	3.70	3.57	3.45
.03	3,33	3.23	3.12	3.03	2.94	2.86	2.78	2.70	2.63	2.56
.04	2.50	2.44	2.38	2.33	2.27	2.22	2.17	2.13	2.08	2.04
.05	2.00	1.96	1.92	1.89	1.85	1.82	1.79	1.75	1.72	1.69
.06	1.67	1.64	1.61	1.59	1.56	1.54	1.52	1.49	1.47	1.45
.07	1.43	1.41	1.39	1.37	1.35	1.33	1.32	1.30	1.28	1.27
.08	1.25	1.23	1.22	1.20	1.19	1.18	1.16	1.15	1.14	1.12
.09	1.11	1.10	1.09	1.08	1.06	1.05	1.04	1.03	1.02	1.01
.10	1.000	0.990	0.980	0.971	0.962	0.952	0.943	0.935	0.926	0.917
.11	0.909	.901	.893	.885	.877	.870	.862	.855	.847	.840
.12	.833	.826	.820	.813	.806	.800	.794	.787	.781	.775
.13	.769	.763	.758	.752	.746	.741	.735	.730	.725	.719
.14	.714	.709	.704	.699	.694	.690	.685	.680	.676	.671
.15	0.667	.662	.658	.654	.649	.645	.641	.637	.633	.629
.16	.625	.621	.617	.613	.610	.606	.602	.599	.595	.592
.17	.588	.585	.581	.578	.575	.571	.568	.565	.562	.559
.18	.556	.552	.549	.546	.543	.541	.538	.535	.532	.529
.19	.526	.524	.521	.518	.515	.513	.510	.508	.505	.503
.20	0.500	.498	.495	.493	.490	.488	.485	.483	.481	.478
.21	.476	.474	.472	.469	.467	.465	.463	.461	.459	.457
.22	.455	.452	.450	.448	.446	.444	.442	.441	.439	.437
.23	.435	.433	.431	.429	.427	.426	.424	.422	.420	.418
.24	.417	.415	.413	.412	.410	.408	.407	.405	.403	.402
.25	0.400	.398	.397	.395	.394	.392	.391	.389	.388	,386
.26	.385	.383	.382	.380	.379	.377	.376	.375	.373	.372
.27	.370	.369	.368	.366	.365	.364	.362	.361	.360	.358
.28	.357	.356	.355	.353	.352	.351	.350	.348	.347	.346
.29	.345	.344	.342	.341	.340	.339	.338	.337	.336	.334
.30	0.333	.332	.331	.330	.329	.328	.327	.326	.325	.324
.31	.323	.322	.321	.319	.318	.317	.316	.315	.314	.313
.32	.312	.312	.311	.310	.309	.308	.307	.306	.305	.304
.33	.303	.302	.301	.300	.299	.299	.298	.297	.296	.295
.34	.294	.293	.292	.292	.291	.290	.289	.288	.287	,287
.35	0.286	.285	.284	.283	.282	.282	.281	.280	.279	.279
.36	.278	.277	.276	.275	.275	.274	.273	.272	.272	.271
.37	.270	.270	.269	.268	.267	.267	.266	.265	.265	.264
.38	.263	.262	.262	.261	.260	.260	.259	.258	,258	.257
.39	.256	.256	.255	.254	.254	.253	.253	.252	.251	.251
.40	0.250	.249	.249	.248	.248	.247	.246	.246	.245	.244
.41	.244	.243	.243	.242	.242	.241	.240	.240	.239	.239
.42	.238	.238	.237	.236	.236	.235	.235	.234	.234	.233
.43	.233	.232	.231	.231	.230	.230	.229	.229	.228	.228
.44	.227	.227	.226	.226	.225	.225	.224	.224	.223	.223
.45	0.222	.222	.221	.221	.220	.220	.219	.219	.218	.218
.46	.217	.217	.216	.216	.216	.215	.215	.214	.214	.213
.47	.213	.212	.212	.211	.211	.211	.210	.210	.209	.209
.48	.208	.208	.207	.207	.207	,206	.206	,205	.205	.204
.49	.204	.204	.203	.203	.202	.202	.202	.201	.201	.200

For more extensive tables see:

z'	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0.50	0.200	0.200	0.199	0.199	0.198	0.198	0.198	0.197	0.197	0.196
.51	.196	.196	.195	.195	.195	.194	.194	.193	.193	,193
.52	.192	.192	.192	.191	.191	.190	.190	.190	.189	.189
.53	.189	.188	.188	.188	.187	.187	.187	.186	.186	.186
.54	.185	.185	.185	.184	.184	.183	.183	.183	.182	.182
.55	0.182	.181	.181	.181	.181	.180	.180	.180	.179	.179
.56	.179	.178	.178	.178	.177	.177	.177	.176	.176	.176
.57	.175	.175	.175	.175	.174	.174	.174	.173	.173	.173
.58	.172	.172	.172	.172	.171	.171	.171	.170	.170	.170
.59	.169	.169	.169	.169	.168	.168	.168	.168	.167	.167
.60	0.167	.166	.166	.166	.166	.165	.165	.165	.164	.164
.61	.164	.164	.163	.163	.163	.163	.162	.162	.162	.162
.62	.161	.161	.161	.161	.160	.160	.160	.159	.159	.159
.63	,159	.158	.158	.158	.158	.157	.157	.157	.157	.156
.64	.156	.156	.156	.156	.155	.155	.155	.155	.154	.154
.65	0.154	.154	.153	.153	.153	.153	.152	.152	.152	.152
.66	.152	.151	.151	.151	.151	.150	.150	.150	.150	.149
.67	.149	.149	.149	.149	.148	.148	.148	.148	.147	.147
.68	.147	.147	.147	.146	.146	.146	.146	.146	.145	.145
.69	.145	.145	.145	.144	.144	.144	.144	.143	.143	.143
.70	0.143	.143	.142	.142	.142	.142	.142	.141	.141	.141
.71	.141	.141	.140	.140	.140	.140	.140	.139	,139	.139
.72	.139	.139	.139	.138	.138	.138	.138	.138	.137	.137
.73	.137	.137	.137	.136	.136	.136	.136	.136	.136	.135
.74	.135	.135	.135	.135	.134	.134	.134	.134	.134	.134
.75	0.133	.133	.133	.133	.133	.132	.132	.132	.132	.132
.76	.132	.131	.131	.131	.131	.131	131	.130	.130	.130
.77	.130	.130	.130	.129	.129	.129	.129	.129	.129	.128
.78	.128	.128	.128	.128	.128	.127	.127	.127	.127	.127
.79	.127	.126	.126	,126	.126	.126	.126	.125	.125	.125
.80	0.125	.125	.125	.125	.124	124	.124	.124	.124	.124
.81	.123	.123	.123	.123	.123	.123	.123	.122	.122	.122
.82	.122	.122	.122	.122	.121	.121	.121	,121	.121	.121
.83	.120	.120	.120	.120	.120	.120	.120	.119	.119	.119
.84	.119	.119	.119	.119	.118	.118	.118	.118	.118	.118
.85	0.118	.118	.117	.117	.117	.117	.117	.117	.117	.116
.86	.116	.116	.116	.116	.116	.116	.115	.115	.115	.115
.87	.115	.115	.115	.115	.114	.114	.114	.114	.114	.114
.88	.114	.114	.113	.113	.113	.113	.113	.113	.113	.112
.89	.112	.112	.112	.112	.112	.112	.112	.111	.111	.111
.90	0.111	.111	.111	.111	.111	.110	.110	.110	.110	.110
.91	.110	.110	.110	.110	.109	.109	.109	.109	.109	.109
.92	.109	.109	.108	.108	,108	.108	.108	.108	.108	.108
.93	.108	.107	.107	.107	.107	.107	.107	.107	,107	.106
.94	.106	.106	.106	.106	.106	.106	.106	.106	.105	.105
.95	0.105	.105	.105	.105	.105	.105	.105	.104	.104	.104
.96	.104	.104	.104	.104	.104	.104	.104	.103	.103	.103
.97	.103	.103	.103	.103	.103	.103	.102	.102	.102	.102
.98	.102	.102	.102	.102	.102	.102	.101	.101	.101	.101
.99	.101	.101	.101	.101	.101	.101	.100	.100	.100	.100

a. Same extent as the present but 4 decimals in L. Zimmermann. Rechentafeln (35 pages) Liebenwerda 1897.

b. Very extensive, 7 decimals. W. H. Oakes. Table of the reciprocals of numbers from 1 to 100 000 (205 pages). London Ch. & E. Layton.

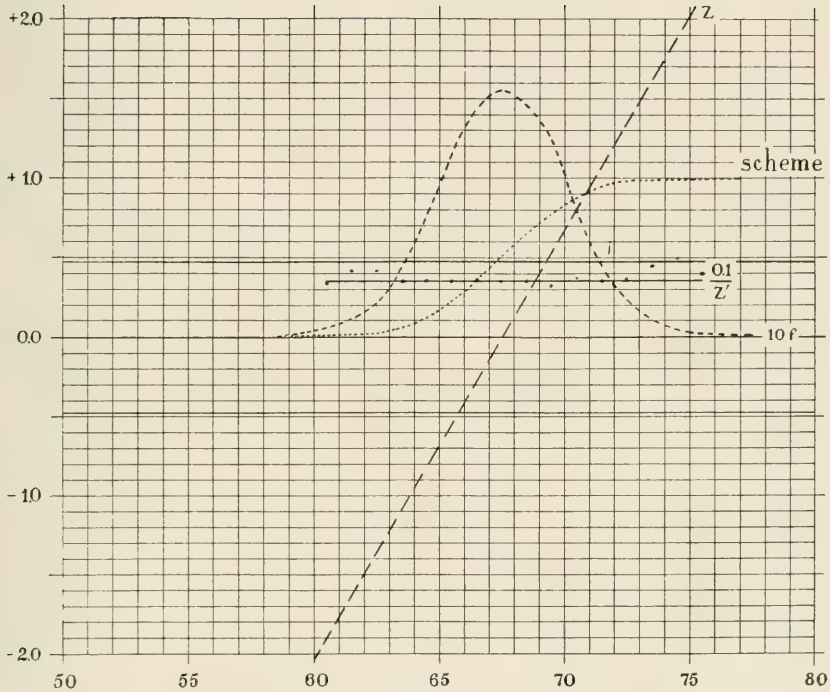


Fig. 1. Stature of 8585 men (tab. 1 and 4).

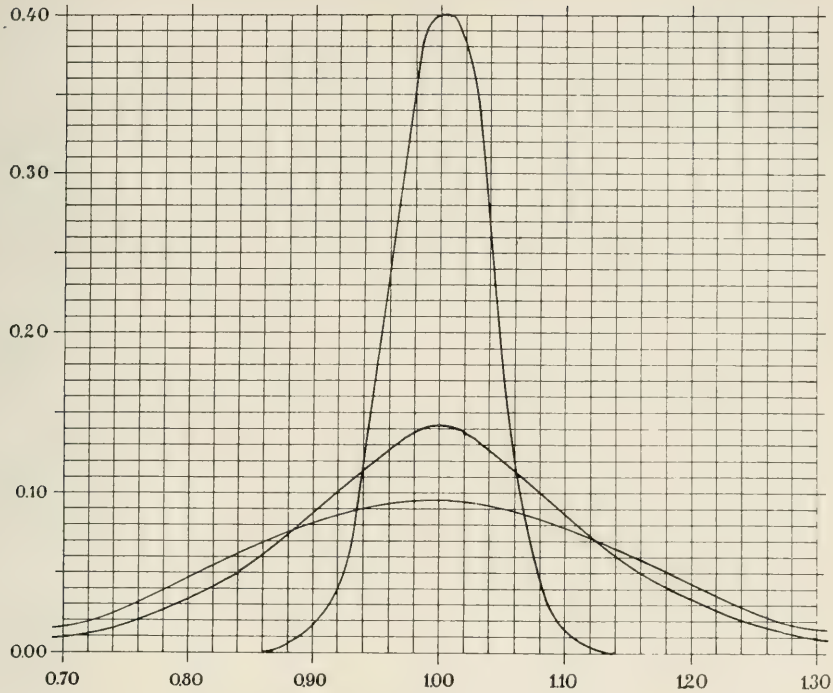


Fig. 2. Observed frequency curves (art. 2).

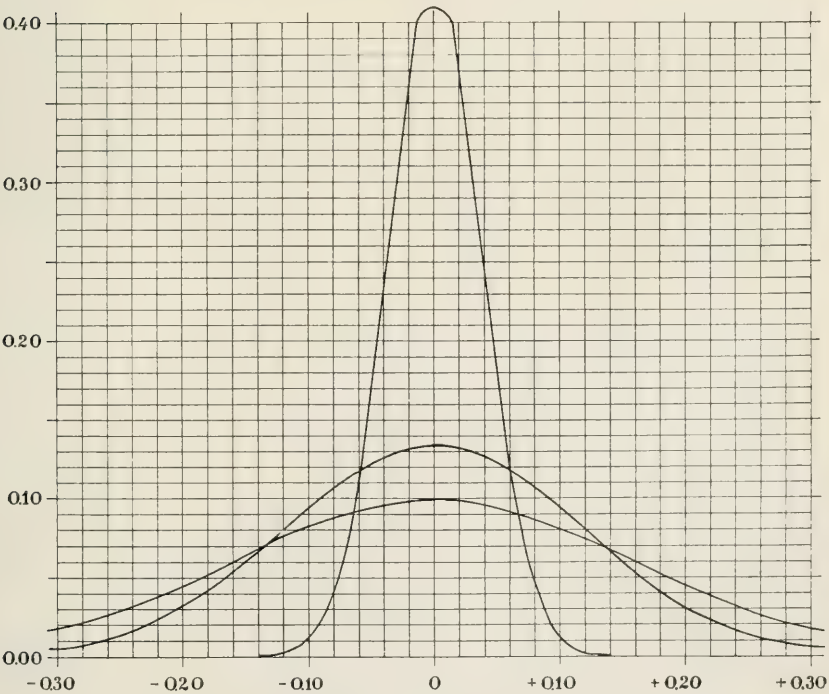


Fig. 3. Theoretical normal curves (art. 2).

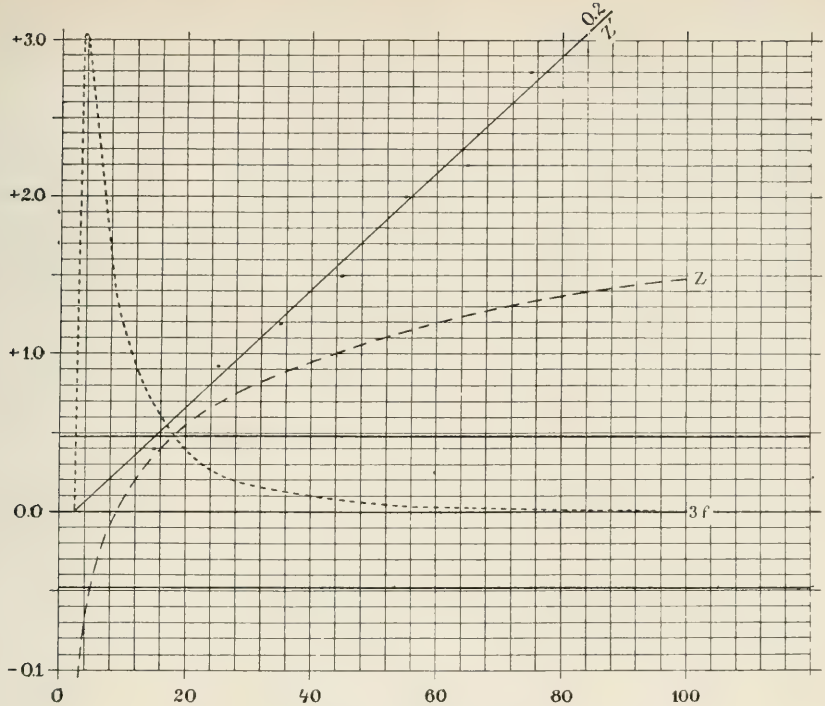


Fig. 4. Valuation of house-property (tab. 6).

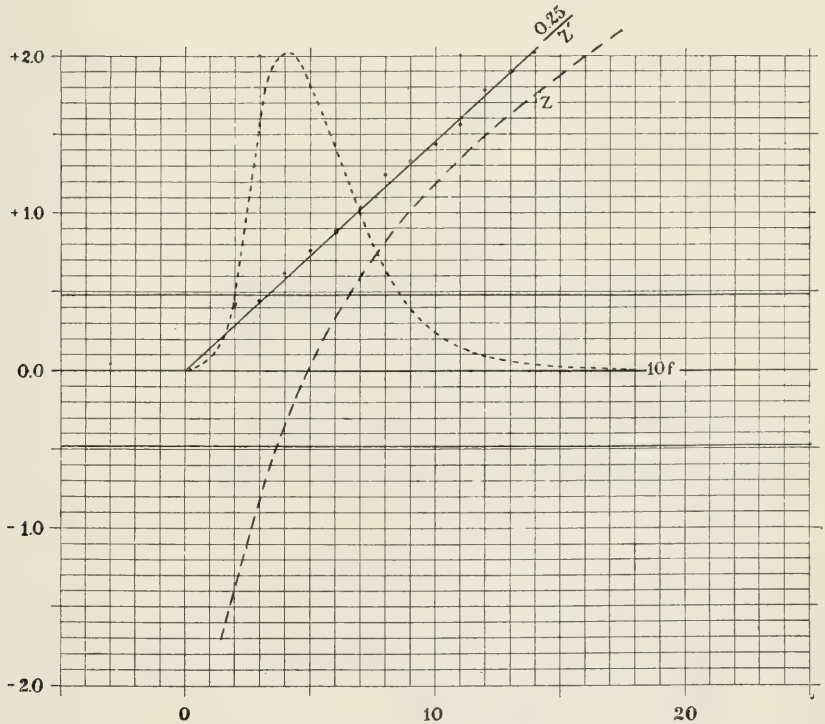


Fig. 5. Threshold of sensation (tab. 5).

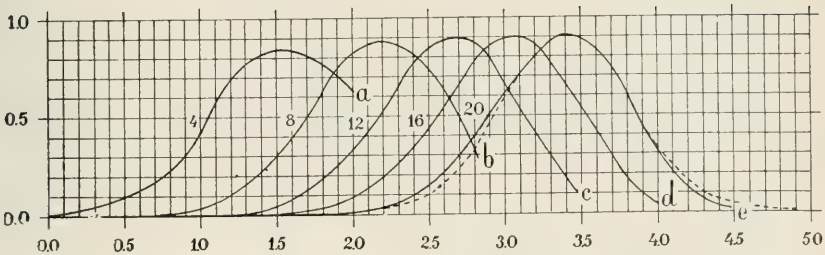


Fig. 6. Normal curve limit to dissymmetrical Point Binomials (art. 7).

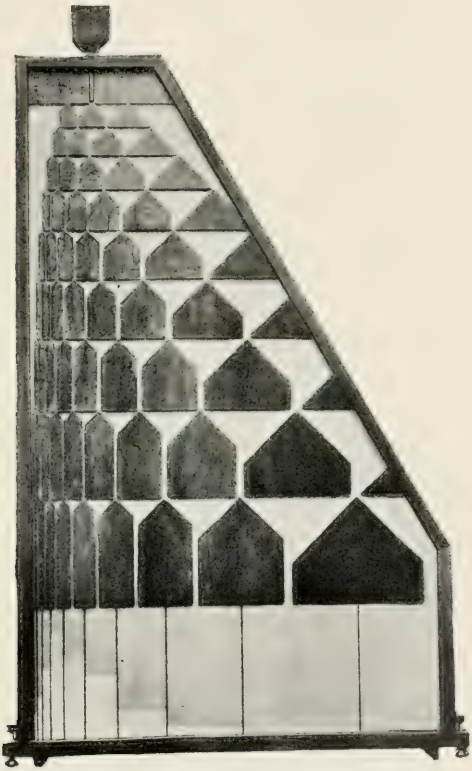


Fig. 7.

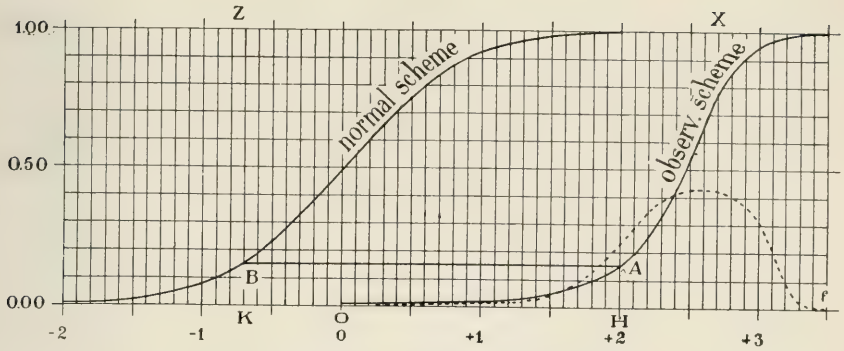


Fig. 8. Questions *a* and *b* art. 13 (tab. 2).

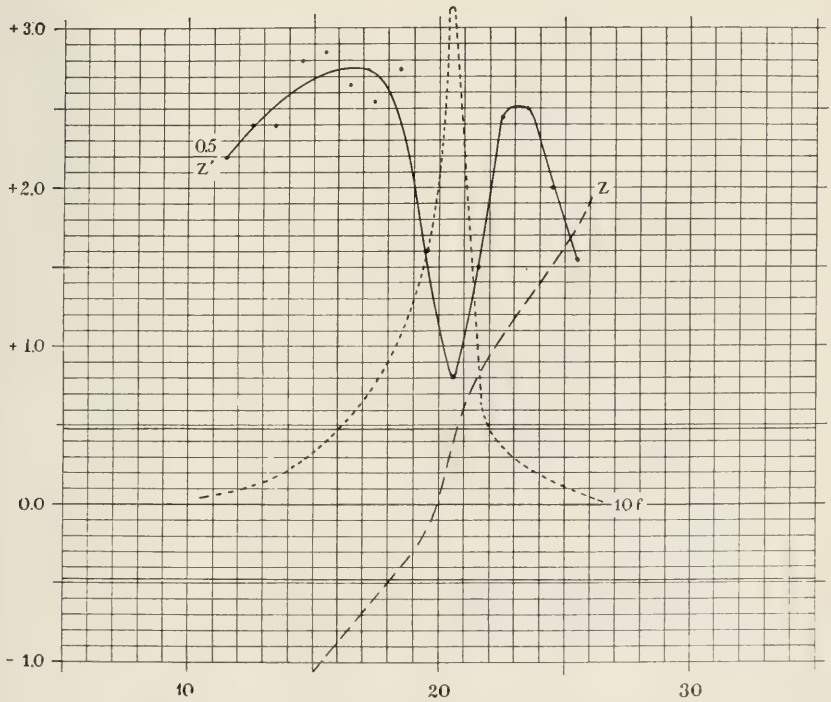


Fig. 9. Diam. of spores of Mucor Mucedo (tab. 7).

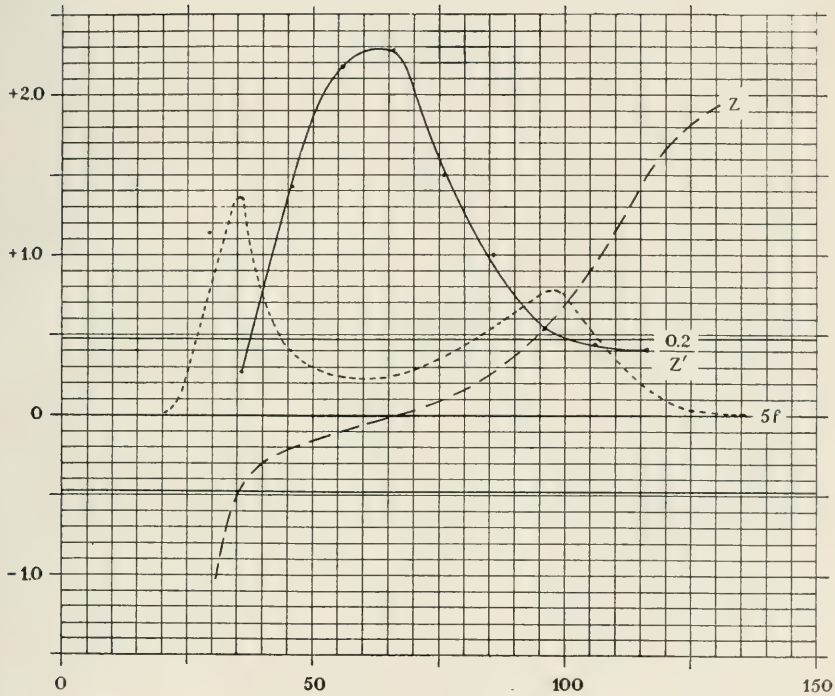


Fig. 10. Length of wheat ears (tab. 9).

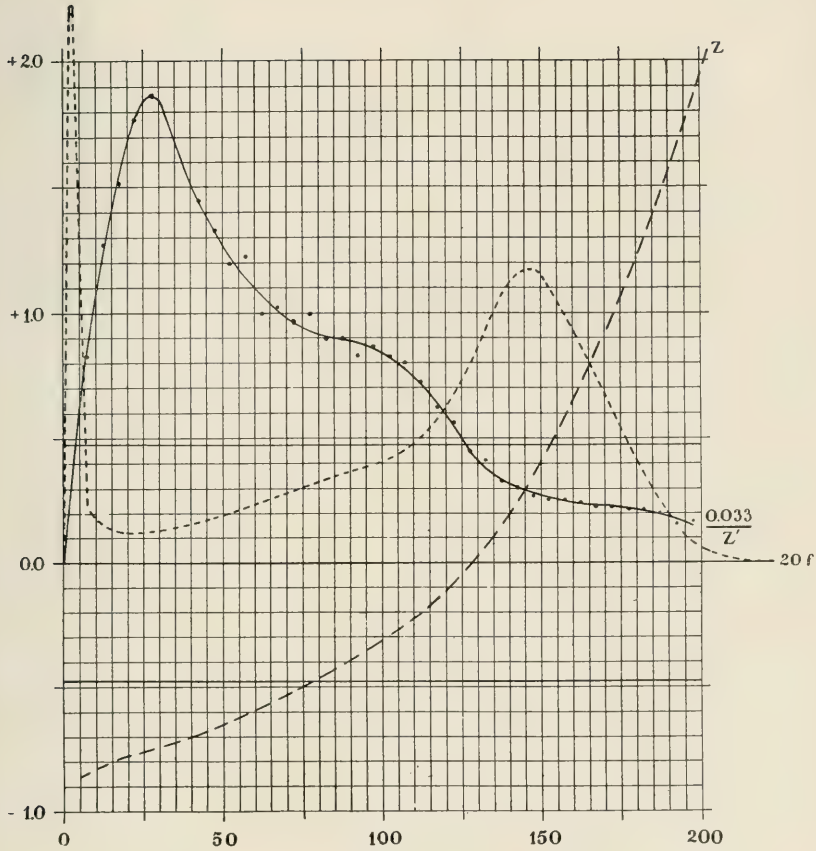


Fig. 11. Stalk-lengths of Linum crepitans (tab. 8).

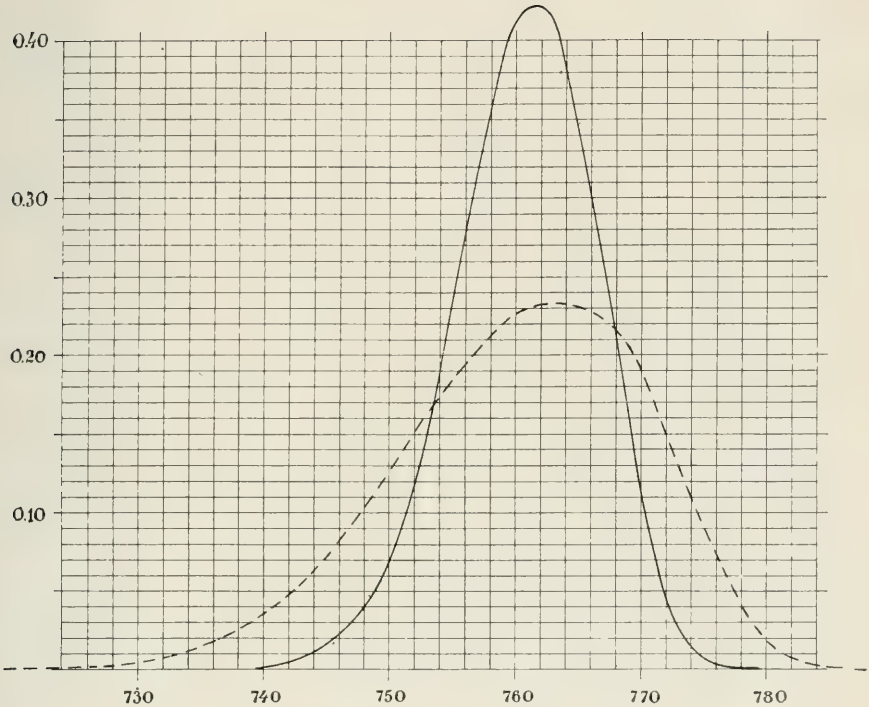


Fig. 12. Barometerheights at den Helder (tab. 10).

SOMMAIRE.

Articles:

Th. Weevers. Das Vorkommen des Ammoniaks und der Ammonsalze in den Pflanzen 63

J. C. Kapteyn, Ph. D.; Sc. D. Skew frequency curves in Biology and Statistics. With Tab. I—VIII 105

Recueil

des

Travaux Botaniques Néerlandais,

publié par la

Société Botanique Néerlandaise,

sous la rédaction de M. M.

M. W. Beyerinck, H. Heukels, J. W. Moll,
Ed. Verschaffelt, Hugo de Vries et
F. A. F. C. Went.

Volume XIII. Livraison 3 et 4.

Nachdruck und Uebersetzung verboten.
Overneming van eenig artikel uit dit tijdschrift is verboden,
overeenkomstig art. 15 en 16 van de auteurswet 1912.

M. de Waal. — 1916. — Groningue.

RECUEIL

DES

TRAVAUX BOTANIQUES NÉERLANDAIS.

Recueil

des

Travaux Botaniques Néerlandais,

publié par la

Société Botanique Néerlandaise,

sous la rédaction de M. M.

M. W. Beyerinck, H. Heukels, J. W. Moll,
Ed. Verschaffelt, Hugo de Vries et
F. A. F. C. Went.

Volume XIII. Livraison 3 et 4.

Nachdruck und Uebersetzung verboten.
Overneming van eenig artikel uit dit tijdschrift is verboden,
overeenkomstig art. 15 en 16 van de auteurswet 1912.

M. de Waal. — 1916. — Groningue.

SOMMAIRE.

K. Zijlstra. Ueber Carum Carvi L. Mit 21 Textfig. und Tab. IX und X 159
Ina Voormolen. Index alphabétique 344

Ueber Carum Carvi. L.

von

K. ZIJLSTRA.

Einleitung.

Seit einigen Jahren habe ich über ein typisch niederländisches Kulturgewächs botanisch-landwirtschaftliche Untersuchungen angestellt, deren Ergebnisse teilweise im vorigen Jahre veröffentlicht worden sind. [1]) Diese Untersuchungen betreffen die Kümmelpflanze, *Carum Carvi L*, die einzige in der Landwirtschaft wichtige Repräsentantin der Familie der Umbelliferen.

Das Kümmelgewächs ist in den letzten 30 Jahren fortwährend mehr in den Vordergrund getreten, so dass es jetzt in einigen voranstehenden Gegenden der Landwirtschaft in den Niederlanden als eine ziemlich ergiebige Einnahmequelle betrachtet werden kann, ja sogar als ein sehr erwünschtes Glied in der Kette des Fruchtwechsels geschätzt wird.

Den Hauptgewächsen, nämlich den Getreidesorten, Kartoffeln und Zuckerrüben gegenüber ist jedoch die Rolle, die der Kümmel in unserer Landwirtschaft spielt, noch

[1]) K. Zijlstra. Over Karwij en de aetheriese Karwijolie. Mededeelingen van de Rijks Hoogere Land-, Tuin- en Boschbouwschool te Wageningen. Deel VIII 1915. Afl. I, II.

AY 15 1917

eine sehr bescheidene. Es wird uns deshalb denn auch nicht wundern, dass dieses Gewächs nur noch wenig studiert worden ist, und dass man demselben nicht jene Aufmerksamkeit geschenkt hat, welche den Hauptgewächsen zu Teil geworden ist.

Dementsprechend findet man in der Literatur nur sehr spärliche Angaben über diesen Gegenstand, und zwar hauptsächlich nur Beschreibungen [1]) der Anbaumethode des Gewächses; viele Aufklärung über die Merkmale und Eigenschaften der Pflanze selbst bekommt man aber nicht. Zwar wird darauf hingewiesen, dass der Kümmel seines ätherischen Öls wegen angebaut und dass dasselbe durch die Früchte (durch die Autoren oft „Samen" genannt) produziert wird; über den Ölgehalt jedoch finden sich nur spärliche Angaben, welche indessen darauf hindeuten, dass der wildwachsende Kümmel, der auch in den Niederlanden in gewissen Gegenden vorkommt, sowie auch der Kümmel aus den nördlicher liegenden Ländern, ölreicher ist wie der in den Niederlanden kultivierte. [2]) Ueber die Ursachen dieser Verhältnisse hat man sich bis jetzt nur mit Vermutungen zu begnügen.

Eine Veredlung, bei vielen anderen Gewächsen seit so vielen Jahren durchgeführt, wurde beim Kümmel, (ein ein-

[1]) Als die eingehendsten Beschreibungen sind zu erwähnen:

J. Smit. De karwijbouw in de omstreken van Enkhuizen (in „De Boeren-Goudmijn", 6e Jaargang 1860).

Tiele. Beschrijving der karwijteelt in de Anna-Paulowna-polder. (Verslag v. d. Landbouw in Nederland, 1873).

A. Blomeyer. Die Kultur der landwirthschaftlichen Nutzpflanzen, 1891.

Reinders. Handboek voor den Nederlandschen Landbouw en de Veeteelt. II, 1901.

Van Pesch. Beknopte handleiding tot de kennis van den Nederlandschen Landbouw. Deel II Plantenteelt, bewerkt door U. J. Mansholt, 1909, pag. 148—150,

[2]) Blomeyer, l. c.

ziger mir bekannter Fall ausgenommen [1]) noch nicht versucht [2]); es darf dieses, wenn man diese Pflanze etwas näher betrachtet, auch nicht wundern, weil sich hier grössere Schwierigkeiten auftun — wenn wir uns nicht lediglich auf eine Verbesserung des Samenertrages beschränken — als bei vielen anderen Gewächsen: zum Beispiel 1. die unhandliche Eigenschaft der Produktion ätherischen Öls, und 2. die ziemlich verwickelte Bestäubungsweise. Solche Verhältnisse können begreiflicherweise im allgemeinen nur wenig zu Versuchen anreizen.

Weil aber die Veredlung dieses Gewächses nicht ohne Belang ist, habe ich mich bemüht, die Kümmelpflanze und deren Produktion ätherischen Öls eingehend zu studieren, in der Hoffnung, auf diese Weise eine Basis zu legen, auf die spätere züchterische Versuche sich stützen können.

An dieser Stelle möchte ich nun von den, aus meinen Untersuchungen hervorgegangen, Resultaten diejenigen mitteilen, die den Botaniker interessieren mögen.

Ich habe meine botanischen Ergebnisse, der Hauptsache nach, in zwei Rubriken geteilt. Die erste Rubrik (Kapitel I, II und III) enthält nur rein botanische Sachen, nämlich die ausführliche Beschreibung der makroskopischen Merkmale der Kümmelpflanze; die nach einer, bis jetzt noch wenig angewendeten, Methode verfertigte Beschreibung der mikroskopischen Struktur der reifen Frucht, sowie eine eingehende Studie über das Blühen und die Bestäubung. Die zweite Rubrik (Kapitel IV, V und VI) ist mehr chemisch-physikalischer und physiologischer Natur; es wird da gehandelt von der Bildung des ätherischen Öls

[1]) Seit einigen Jahren hat Dr. R. J. Mansholt eine Züchtung von Kümmel unternommen, welche an erster Stelle eine grössere Gleichmässigkeit des Gewächses zum Ziel hat.

[2]) In Fruwirth: Die Züchtung der landwirtschaftlichen Kulturpflanzen, wird gar nicht von dem Kümmel gehandelt.

durch diese Pflanze; von der Prüfung der Beckmann'schen Methode der Gefrierpunktserniedrigung und von den Resultaten, bei der Anwendung dieser Methode zur Ermittelung des Ölgehaltes der Kümmelfrüchte erzielt. Es ergibt sich dabei, dass es durch jene auf chemisch-physikalischen Grundlagen stützenden Untersuchungen ermöglicht wird, neuen, sich in physiologischen Eigenschaften unterscheidenden, Rassen auf die Spur zu kommen.

I. KAPITEL.

Beschreibung der Pflanze.

Wenn man sich aus den Literaturangaben über den Kümmel ein Bild dieser Pflanze zu entwerfen versuchen möchte, so würde man bald einsehen, dass dieses bei weitem nicht möglich ist. Vielleicht würde man die Ursache dieser Enttäuschung hierin suchen, dass eine eingehende Bearbeitung dieses Gegenstandes unterblieben wäre, weil man sich überhaupt wenig mit diesem Kulturgewächse beschäftigt hat. Dem ist aber nicht so, denn auch von jenen Pflanzen, welche für die Praxis weit wichtiger sind, muss man leider vergebens nach guten Beschreibungen suchen, die selbst mässigen botanischen Anforderungen entsprechen könnten. Nicht nur in der landwirtschaftlichen Literatur ist dies freilich der Fall; auch in der botanischen Literatur im weiteren Sinne wird man höchst selten befriedigt werden, wenn man eine vollständige Darstellung einer bestimmten Pflanzensorte braucht. Stets sind die Beschreibungen unvollständig und meistens verwirrt; ohne Zweifel eine Folge davon, dass sie nicht nach einem festgestellten Schema entworfen sind.

Dieser Mangel an befriedigenden, ein gutes Bild der Pflanze darstellenden Beschreibungen ist nicht nur aus theoretischen Gründen zu bedauern, sondern naturgemäss am schärfsten fühlbar, wenn man zu tun hat mit verschie-

denen Rassen eines bestimmten Gewächses, z. B. mit verschiedenen Weizen- oder Gerstenrassen. Die auf diesem Gebiete bestehenden Beschreibungen — zu den vollständigsten gehören wohl diejenigen, welche im Handbuche von Werner—Körnicke[1]) angetroffen werden — sind meistens nicht viel höher anzuschlagen wie Handelskatalogbeschreibungen. Wenn man den Versuch macht, mit denselben die Identität einer bestimmten Rasse festzustellen, so wird man gewöhnlich vollkommen im Stiche gelassen. Meiner Meinung nach sind in der Literatur die Anforderungen, denen solche Rassenbeschreibungen entsprechen müssen, bei weitem nicht hoch genug gestellt worden und hat man nicht genügend eingesehen, dass die Anfertigung wirklich guter, brauchbarer und vor allem *vergleichbarer* Beschreibungen[2]) eine schwierige Arbeit ist.

Seit der Ausgabe des ebengenannten, sehr viele Getreiderassen besprechenden Werkes von Werner-Körnicke hat sich die Anzahl der Rassen noch mit sehr vielen vermehrt, jedoch ist es mir nicht bekannt, dass jene neuen Formen irgendwo zusammenfassend beschrieben worden sind. Und so sendet man jahrein, jahraus neue Rassen in die Welt, von welchen gewöhnlich nicht viel mehr als der Namen mitgeteilt wird.

Eigentlich ist es befremdend, aber zudem bedauernswert, dass im allgemeinen die Wichtigkeit guter, eingehender, nach einem festen Plane ausgearbeiteter Beschreibungen so wenig erkannt ist; es ist inzwischen nicht zu bezweifeln, dass die nächste Zukunft deren Unentbehrlichkeit lehren wird, und man davon überzeugt werden wird, dass die Aufgabe wirklich vergleichbarer Beschreibungen viel

[1]) Körnicke und Werner. Handbuch des Getreidebaues. 1885.

[2]) Von Moll neulich „porträtierende Beschreibungen" genannt; vergl. Moll. De beschrijvingen der Simplicia in de Nederlandsche Pharmacopee. Een probleem van toegepaste wetenschap. Pharmaceutisch Weekblad 1916 No. 42 en 43.

schwieriger und zeitraubender ist, als bisher gewöhnlich eingesehen worden ist.

In der neuen Literatur sind nun schon Anzeichen zu finden, die das eben gesagte beweisen können. Man hat schon mehrere Versuche gemacht sich besser in den vielen Rassen der wichtigsten Kulturpflanzen zu orientieren. Ich möchte hier hinweisen auf die Verhandlungen von Derlitzki[1]) über die Systematik des Roggens; von Schmidt[2]) über Sortenkenntnis beim Getreide und von Kondo[3]) über die Sortencharakterisierung beim Weizen. Wiewohl ich nicht glaube, dass mittels des von den obengenannten Autoren gelieferten Tatsachenmaterials die verschiedenen Rassen identifiziert werden könnten, weisen jedoch diese Arbeiten gewiss in eine gute Richtung.

Es wird vor allem bei der Prüfung und Anerkennung der landwirtschaftlichen Gewächse, sowie auch bei der Anerkennung von in die Praxis einzuführenden neugezüchteten Rassen oft vorkommen, dass man zu entscheiden hat ob eine angegebene Rasse indertat die richtige ist, oder ob z. B. zwei anscheinend ähnliche Rassen verschieden oder identisch sind; eine solche Entscheidung ist heutzutage meistens nicht mit einiger Sicherheit zu treffen. Ganz anders aber würde die Sachlage sein, wenn man nur über vollständige Beschreibungen zu verfügen hätte. Durch die neueren Untersuchungen auf statistischem Gebiete ist es zudem möglich geworden, solche Beschreibungen in sehr wertvoller Weise zu ergänzen mit statistischen

[1]) Derlitzki. Beiträge zur Systematik des Roggens durch Untersuchungen über den Aehrenbau. Landwirtschaftl. Jahrbücher. Bd. XLIV, 1913, pag. 353—407.

[2]) Schmidt. Ueber den Entwicklungsverlauf beim Getreide. Ein Beitrag zur Sortenkenntnis. Landw. Jahrb. Bd. XLV, 1913, pag. 267—324.

[3]) Kondo. Untersuchungen an Weizen- und Dinkelähren als Beitrag zur genauen Charakterisierung der Sorten. Landw. Jahrb. Bd. XLV. 1913, pag. 713—817.

Angaben über mehrere Merkmale der Pflanze. Meiner Meinung nach sind auf diesem Wege ohne Zweifel überraschende Erfolge zu erzielen.

Was nun den Kümmel betrifft, so habe ich ein Versuch gemacht, die einheimische kultivierte Kümmelpflanze mit den mir zur Verfügung stehenden Mitteln möglichst eingehend zu beschreiben; dabei habe ich fortwährend das von Moll[1]) zusammengestellte Beschreibungsschema benutzt.

Eine Schwierigkeit tat sich hier aber auf in der Wahl meines zu beschreibenden Materials: es sollten ja eigentlich nur Pflanzen einer reinen Linie, also ein homogenes Material, einer so eingehenden Beschreibung zu Grunde liegen; dieses war hier aber nicht möglich, denn von unserem kultiviertem Kümmel, — der wohl ohne Zweifel als eine aus einer Anzahl verschiedener Formen zusammengesetzte Landrasse aufzufassen ist, — sind bis jetzt noch keine reine Linien isoliert worden. Ich war demzufolge gezwungen, diesem Übel einigermassen abzuhelfen durch eine Auswahl möglichst gleicher Pflanzen. Dieses wurde auf die folgende Weise ausgeführt.

Es wurde ein Versuchsfeld von der Grösse von etwa 6 Ar. angelegt und dasselbe besät mit gewöhnlichen einheimischen Kümmelsamen, die bei einer grossen niederländischen Samenhandlung bezogen waren. Die Kultur fand unter gewöhnlichen Verhältnissen statt; die Reihenentfernung der Pflanzen betrug 30 cm. und als Ueberfrucht diente gelber Senf. Im zweiten Jahre lieferte das Versuchsfeld ein sehr gutes Kümmelgewächs.

Dieser Kultur wurden nun einige ziemlich kräftig entwickelte, normal aussehende und untereinander möglichst gleiche Pflanzen entnommen, die als Vorbilde bei der

[1]) Moll. Handboek der Plantbeschrijving. 3de vermeerderde druk. 1916, pag. 148—168.

Beschreibung dienen sollten. Hierbei wurde also ganz bestimmt eine Auswahl getroffen, und zwar wurden so gut wie möglich diejenigen Pflanzen gewählt, die meiner Meinung nach den zumeist vorkommenden Typus vertraten.

Bei der Herbeischaffung aber des Materials für die unten zu erwähnenden statistischen Bestimmungen wurde möglichst sorgfältig eine jede Wahl vermieden; zu diesem Zwecke wurden *alle* (ungefähr 600) Pflanzen von 3 neben einander stehenden Reihen aus dem gleichmässigsten Teile des Versuchsfeldes in fruchtreifem Zustande geerntet und auch alle, insofern sie unbeschädigt waren, bei den Zählungen und Messungen in Betracht gezogen.

Bevor ich nun zur eigentlichen Beschreibung der Pflanze selbst übergehe, erscheint es mir nicht überflüssig zunächst kürzlich einiges mitzuteilen über die durch diese Pflanze im System eingenommene Stelle, und über ihre geographische Verbreitung.

Es gehört der Kümmel bekanntlich zu den Umbelliferen, welche Familie von Drude [1]) in 3 Abteilungen untergeteilt wird, nach Merkmalen der Frucht oder des Ovariums, nämlich:

I. Hydrocotyloideae,

II. Saniculoideae,

III. Apioideae.

Diese Abteilungen umfassen je einige Tribus; so sind in der Abteilung der Apioideae 8 Tribus zu unterscheiden, unter welchen jener der *Ammineae*.

Die *Ammineae* werden nun endlich von Drude wieder in 2 Gruppen verteilt: die *Seselinae* und *Carinae*, zu welcher letzten Gruppe ausser vielen anderen Gattungen auch das Genus *Carum* gerechnet wird, von dem 22 Sorten unterschieden werden.

---

[1]) Drude. Umbelliferae, in: Engler und Prantl. Die natürlichen Pflanzenfamilien III, 8, pag. 114, 115.

Eine allgemeine Diagnose des Genus *Carum* wird man finden in der schon erwähnten Abhandlung von Drude in: Engler und Prantl. Die natürlichen Pflanzenfamilien. III, 8, pag. 191.

Von all den *Carum*sorten ist nur *Carum Carvi* L., der Kümmel, von wirtschaftlicher Bedeutung. Im täglichen Leben ist diese Pflanze unter sehr vielen Namen bekannt [1]); die gewöhnlichsten sind: Brot- oder Speisekümmel, Karwij, Common Caraway, Carvi. Die Sorte ist sehr weit verbreitet, nämlich in Nord- und Mittel-Europa, Spanien, Italien, im Kaukasus, in Persien, Tibet und ganz Sibirien [2]). In Nord-Amerika [3]) ist sie nicht einheimisch, jedoch, besonders im Norden und Nordwesten der Vereinigten Staaten nach Einfuhr verwildert.

In den Niederlanden wird diese Pflanze oft wildwachsend gefunden an den Deichen und in den Uferniederungen vom Rhein und Waal, sowie auch zwischen diesen Flüssen in der Betuwe in den Wiesen und längs den Wegen. Auch in jenen Gegenden, wo oft Kümmel angebaut wird, findet man die Pflanze längs den Wegen, aber wahrscheinlich ist sie dort nur als verwildert zu betrachten.

Ich gehe nun über zu meiner makroskopischen Beschreibung der Pflanze.

Carum Carvi. L. *(Tafel I.)*

Zweijährig.

Wurzel. Pfahlwurzel, etwa 20 cm. lang, zuweilen länger, am Fusse etwa 2 cm. dick; fleischig, blassgelb, mit ange-

---

[1]) Vergl. Gerth van Wijk. A dictionary of Plantnames, 1909.

[2]) Drude, l. c.

[3]) Coulter and Rose. North American Umbelliferae. Contributions from the U. S. National Herbarium, Vol. VII, No. 1, 1900. pag. 103.

nehmer sanfter Duft [1]). Seitenwurzeln zuweilen kräftig, oft aber nur fadenförmig.

Stengel des 1. Jahres. Internodien wenig entwickelt; Blätter eine Rosette bildend.

Stengel des 2. Jahres. Krautig aber ganz fest; senkrecht; Knoten deutlich; Internodien hohl; die unteren meist kürzer als die oberen; die oberen durch die ziemlich schweren Seitenzweige etwas seitwärts gedrungen, dennoch der Stengel im ganzen senkrecht. Dicke an der Basis bei kräftigen Pflanzen etwa 2 cm.; Länge sehr variabel, von 38 bis 103 cm. Stielrund, glatt oder schwach gerippt oder gerieft, meist leicht bereift. Gewöhnlich reich verästelt, mit selbst auch wieder verzweigten Aesten. Verästelung oft schon gleich am Stengelfusse anfangend. Anzahl der Seitenäste stark wechselnd, etwa 2 bis 24.

Aeste spiralig gestellt, je einer in einem Blattachsel; sehr oft an der Ober- und Unterseite ein wenig abgeflacht; mit der Hauptachse einen Winkel von etwa 45° bildend.

Hauptachse sowie die Seitenäste je in eine Blütendolde endend. Dolde auf der Spitze der Hauptachse (Hauptachsendolde) zuerst blühend und dann den Gipfel der Pflanze bildend; nachdem wächst die Hauptachse nur noch ziemlich wenig, sondern fangen die Seitenachsen sich so stark zu entwickeln an, dass die Dolden der meisten höher zu stehen kommen als die Hauptachsendolde. Infolgedessen die Gestalt der Pflanze nach Ablaufe der Blühperiode einer Schirmrispe ähnlich. Nur die untersten Seitenäste kürzer bleibend.

Statistische Angaben. [2])

Stengellänge (gemessen vom Stengelfusse bis zur Basis der Hauptachsendolde): Frequenzkurve von 593 Pflanzen:

[1]) Nach Courchet. Les Ombellifères. Montpellier 1882, wird die Wurzel in einigen Ländern als Speise benützt.

[2]) Ueber die Bestimmung von M und Q vergl. T. Tammes. Der Flachsstengel, pag. 40, 41.

$M = 70.175$ cm.

$\frac{Q}{M} = 0.0975$

Minimum = 38.5 cm.

Maximum = 102.5 cm.

Anzahl der doldentragenden Seitenäste der 1. Ordnung: Frequenzkurve von 601 Pflanzen:

$M = 7.921$ Seitenäste.

$\frac{Q}{M} = 0.225$

Minimum = 2 Seitenäste.

Maximum = 24 „

Blätter. Wahrscheinlich in $^2/_5$-Stellung. Zusammengesetzt, meist doppelt unpaarig gefiedert.

A. Blätter der Wurzelrosette und unterste Stengelblätter.

Blattscheide. Basis nahezu halbwegs stengelumfassend und in der Wurzelrosette dünn, häutig, weiss; bei den untersten Stengelblättern ein wenig derber und hellgrün. Allmählich in den gemeinsamen Blattstiel übergehend und dabei tiefer grün werdend. Mit ungefähr 10 parallelen, an der Basis weissen, mehr obenwärts grünen, sich in den gemeinsamen Blattstiel fortsetzenden Nerven. Zwischen den Nerven sehr dünn und zart. Der sehr zarte und durchscheinende Rand ziemlich plötzlich endigend an dem nicht scharf zu bestimmenden Uebergange zum gemeinsamen Blattstiele.

Gemeinsamer Blattstiel bis zu etwa 25 cm. lang, ein wenig seitlich abgeflacht, rinnenförmig, schwach gerippt oder nahezu glatt.

Blattstiele der 1. Ordnung. 6—9 Paare, nahezu stielrund bis schwach rinnenförmig, glatt; am obersten Teile des gemeinsamen Blattstiels fehlend und dort durch Blättchen ersetzt.

Blättchen (Foliola). Meist 2 bis 3 Paare und ein Gipfel-

blättchen, zuweilen aber mehr weniger abwechselnd gestellt; ungestielt; das unterste Paar unmittelbar am gemeinsamen Blattstiele sitzend, am Fusse des Blattstiels der 1. Ordnung und dadurch, zusammen mit dem untersten Paare des gegenüberstehenden Blattstiels der 1. Ordnung ein Kreuz bildend, welches dieser Pflanze eigentümlich ist. Blättchen flach; der allgemeine Umkreis eirund oder spitz elliptisch; tief fiederteilig mit ungefähr 5 abwechselnden Zipfeln und einem Endzipfel und spitzen Einschnitten; bei den untersten und grössten Blättern ziemlich kurz, breit und nahe beieinanderstehend. Zipfel schmal, meist fiederspaltig bis fiederteilig, mit spitzen Einschnitten und alle ziemlich plötzlich in ein kleines, violettfarbiges, scharfes Stachelchen endigend.

B. Höhere Stengelblätter.

Nebenblätter (Stipulae). Regelmässig paarweise bei den höheren Stengelblättern vorkommend; beiderseits der Blattscheidebasis sitzend; deren Basis ein kurzes, verbreitertes, scheidenartiges, sehr hellgrünes Organ, mit einem durchscheinenden dünnen Rande und oft mehr weniger mit der Blattscheide verwachsen. Einfach, jedoch sehr tief fiederteilig, mit langen linealischen, in ein sehr kleines Stachelchen endenden Zipfeln. Den allerobersten, am wenigsten entwickelten Stengelblättern sehr ähnlich.

Höhere Stengelblätter um so weniger entwickelt, je höher sie an dem Stengel und den Aesten stehen. Teils doppelt gefiedert, teils aber, nämlich die ganz oben am Stengel stehenden, einfach gefiedert; die obersten zu nur wenigen linealischen, an einem gemeinsamen Blattstiele sitzenden Blattzipfeln reduziert und dadurch viel loser und schmächtiger gebaut als die übrigen Blätter.

Blattscheide. Ziemlich stark entwickelt, ein wenig blasig aufgetrieben, grün; bei den grösseren Blättern etwa 6 cm. lang; höher am Stengel kürzer; den im Blattachsel stehenden Ast fast gänzlich über eine ansehnliche Strecke

umfassend, sich bis zum untersten Blättchenpaare erstreckend und dort nach einer ziemlich plötzlichen Verschmälerung endend; Innenseite weiss; der durchscheinende, weisse, sehr dünne, 2 mm. breite Rand meist plötzlich in eine stumpfe Spitze eben bei der Einpflanzungsstelle des ersten Blättchenpaares endend. Zehn bis zwölf parallele grüne Nerven in der Scheide verlaufend und sich in den gemeinsamen Blattstiel fortsetzend.

Bei den obersten, weniger entwickelten Stengelblättern auch kleinere Blattscheiden vorhanden; der häutige Scheiderand dort aber breiter, nämlich bisweilen nicht weniger als 5 mm. und die Spitze des Randes mit dem untersten Blättchenpaare verwachsen.

Gemeinsamer Blattstiel. Wie die Blattstiele der 1. Ordnung der untersten Stengelblätter gebaut.

Blättchen (Foliola). 5—6 Paare; ziemlich lang, tief fiederteilig, sehr lose und schmächtig gebaut; bei den obersten Blättern 2—3 Paare, und zuweilen zu einem einzigen linealischen Zipfel reduziert. Die spärlichen Blattzipfel lang und schmal; auch hier, wie bei den untersten Stengelblättern in ein Stachelchen endend.

Blütenstand. Zusammengesetzte Dolde (Umbella composita). Die Hauptachse der Pflanze, sowie jeder Zweig durch solche Dolde abgeschlossen. Die auf dem Gipfel der Hauptachse stehende Dolde, — die „*Hauptachsendolde*" [1]) — ist die älteste und erstblühende; ebenso auch die auf dem Gipfel eines Seitenzweiges der 1. Ordnung stehende Dolde erblühend vor den die Seitenzweige höherer Ordnung abschliessenden.

Oftmals unmittelbar unter der Hauptachsendolde oder

[1]) Diese Benennung soll nicht verwechselt werden mit der Bezeichnung „Hauptdolde" bei Bischoff. (Wörterbuch der beschreibenden Botanik, 1857), und mit „hoofdscherm" bei Oudemans. (Vormleer en Rangschikking der Planten, 2e druk, pag. 665), womit die gesamten Doldenstrahlen (Radii) angedeutet werden.

einer der übrigen Dolden ein Seitenzweig entspringend; in solchem Falle also die betreffende Dolde sitzend.

Doldenstrahlen (Radii). Anzahl wechselnd; in der Hauptachsendolde 5—14; stielrund und von sehr verschiedener Länge; die äussersten die längsten, in kräftig entwickelten Dolden bis 4—5 cm.; die inneren viel kürzer; die äussersten während des Blühens der Dolde weit auseinander weichend und sich zudem nach oben krümmend, so dass die Döldchen (Umbellulae) in einer flachen Ebene zu stehen kommen.

Döldchenstrahlen (Pedicelli). Etwa 10; viel kürzer als die Doldenstrahlen, aber ebenfalls von ungleicher Länge; auch hier die äussersten die längsten, bis 5—8 mm. und solcherweise nach oben gekrümmt, dass die Blüten desselben Döldchens aufrecht in einer flachen Ebene stehen. Kein terminales Döldchen oder eine terminale Blüte vorhanden. Nach dem Reifen der Früchte gewöhnlich alle Strahlen, sowohl die Radii wie die Pedicelli, wieder gerade gestreckt und zudem weniger auseinandergewichen als während der Blütezeit. Demzufolge die Dolde im Ganzen, als die absonderlichen Döldchen, nicht mehr eben, aber muldenförmig.

Statistische Angaben.

Anzahl der Doldenstrahlen bei Hauptachsendolden: Frequenzkurve von 618 Pflanzen:

$$M = 9.063 \text{ Strahlen.}$$

$$\frac{Q}{M} = 0.110.$$

$$\text{Minimum} = 5 \text{ Strahlen.}$$

$$\text{Maximum} = 14 \quad ,,$$

Hülle (Involucrum). Wenig entwickelt, bisweilen fehlend; oft nur 1 oder 2 linealische, bis 2 cm. lange Zipfel; selten aus mehr Blättchen bestehend. Nur einmal fand ich eine Hülle von 5 Blättchen. Die Blättchen ausgebreitet oder zurückgeschlagen; oft eins derselben etwas verschoben und dann auf einem Doldenstrahl eingepflanzt.

Hüllchen (Involucellum). Meistens fehlend; zuweilen aber 1 nach der Aussenseite der Dolde gerichtetes linealisches Zipfelchen vorkommend.

Blüten. Die meisten vollständig. Eine oder einige männliche [1]), infolge der Abortierung des Fruchtknotens, regelmässig in der Mitte jedes Döldchens vorkommend, häufiger bei den jüngeren Dolden als bei den älteren. Proterandrisch. Bestäubung nur mit Hilfe von Insekten. Die inneren Blüten des Döldchens monosymmetrisch regelmässig, die äussersten aber median-zygomorph durch kräftigere Entwicklung der Vorderhälfte. Alle cyklisch; die 5-zähligen Gürtel der Kelchzähnen, Blumenblätter und Staubfäden alternierend (*Fig. 4*). Epigynisch.

Kelch. 5 nur sehr kleine Zähnchen; zuweilen nur kleine Höcker am Obenrande des Ovariums, je mit 5 Rippen des Ovariums korrespondierend, im letzteren Falle sehr schwer unterscheidbar und nur durch ein violettfarbiges Spitzchen angedeutet. Das hinterste — nach dem Zentrum des Döldchens gewendete — Kelchzähnchen in der Medianfläche stehend.

Blumenkrone. *Blumenblätter.* 5, frei, unter dem Discusrande eingepflanzt und mit den Kelchzähnen alternierend; das vorderste — nach der Peripherie des Döldchens gekehrte — Blumenblatt in der Medianfläche stehend und bei den peripherischen Blüten grösser als die übrigen vier, untereinander gleichen, Blumenblätter derselben Blüte; bei den innersten Blüten des Döldchens alle nahezu gleich gross: in der Knospe nach innen gerollt und sich mit den Rändern berührend, wodurch die Blumenknospe, von oben gesehen, von einer ganz regelmässigen fünfeckigen Gestalt; während des Reifens der Staubblätter radförmig gespreizt, nachher sich etwas weiter rückwärts biegend

[1]) Die Pflanze somit andromonöcisch.

und, meist bald nach dem Verschwinden der entleerten Staubblätter, abfallend.

Nagel sehr kurz.

Platte mehr oder weniger muldenförmig, mit nach oben gekehrter concaver Seite; umgekehrt herzförmig mit einer kräftig entwickelten, sichelförmig einwärts gebogener Spitze; weiss oder rötlich mit allen Uebergängen dazwischen.

Staubblätter..(Stamina) 5, frei, eingepflanzt unter dem Discusrande und oberhalb der Kelchzähne.

Staubfäden (Filamenta) stielrund, gut 1 mm. lang, nach der Spitze zu etwas dünner werdend; weiss. In der Blumenknospe zu einem Halbkreis einwärts gebogen; während der Reifezeit der Antheren aufrecht stehend, höchstens ein wenig einwärts gebogen.

Anthere nahezu eirund, gelblich grün; nur an einem Punkte der Rückenseite (Aussenseite), ungefähr in der Mitte des schmalen Konnectivs, mit dem Staubfaden verbunden; jedes der beiden Pollenfächer seitwärts mit einer deutlichen Längsfurche und sich längs derselben öffnend; die Antherenwand längs dieser Furche violett gestreift. Pollen nicht reichlich; gelblich weiss.

Zuweilen alle Blüten ohne Pollen; in diesem Falle die Antheren viel schmäler und durch wachsartige blasse Farbe kennbar.

Stempel. (Gynaeceum). Aus zwei medianen Fruchtblättern zusammengesetzt [1]).

Fruchtknoten (Ovarium). Unterständig; im männlichen Zustande der Blüte nahezu 1 mm., im weiblichen Zustande ungefähr 2 mm. lang; von der Seite abgeflacht, übrigens nahezu umgekehrt eiförmig; oben abgeflacht und dort

[1]) Nicht selten findet man einen Stempel aus 3 Fruchtblättern gebildet. Auch bei anderen Umbelliferen ist diese Abweichung beobachtet. (cf. Eichler. Blüthendiagramme, II, pag. 407).

einen vorspringenden Ringwulst zeigend, unten mit einer seichten herzförmigen Einbuchtung; durch die schmale tiefe Fuge (Commissura) deutlich in 2 medianen Hälften verteilt; nahezu aufrecht auf dem schief gestellten Stiele stehend; sehr oft die vordere Hälfte — die nach der Peripherie des Döldchens gekehrte — stärker entwickelt als die hintere; an jeder Hälfte nur 5 Hauptrippen (Iuga primaria) und zwischen denselben je ein Tälchen (Vallecula); die Hauptrippen unten am Fruchtknoten mit einer leichten Verschmälerung endend, am Oberende aber sich verbreiternd und ein wenig erhöhend und so zusammen den oben schon erwähnten Ringwulst bildend. Zweifächerig mit vollkommener Scheidewand. Placenta axillär.

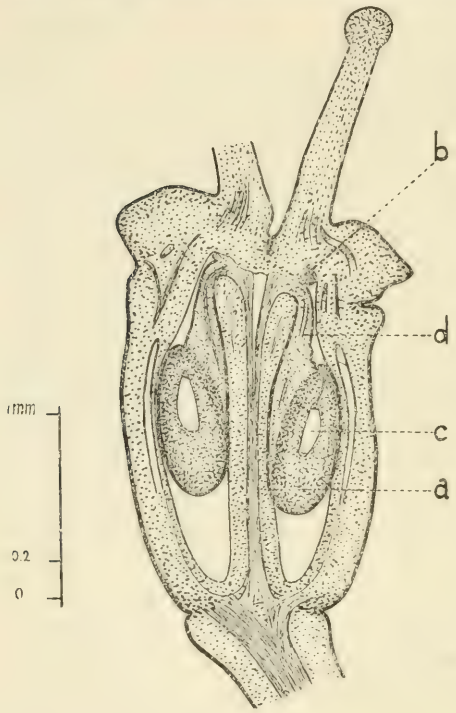


Fig. 1.

Medianer Längsschnitt durch ein Gynaeceum.

a — Samenanlage.
b — rudimentäre zweite Samenanlage.
c — Keimsack.
d — Funiculus.

Samenanlage (Ovulum). In jedem Fruchtknotenfache 1; hängend, eiförmig, anatrop, zurzeit der Bestäubung etwa 0.8 mm. lang, und etwa 0.5 mm. dick; gelblich grün; ganz oben im Fache, in der Medianebene angeheftet. Unmittel-

bar oberhalb der Anheftungsstelle ein Rudiment einer zweiten Samenanlage.[1]) *(Fig. 1).*

Funiculus kräftig entwickelt; Raphe nach der Fugenseite gekehrt; bei einer in Wasser liegenden Samenanlage mikroskopisch deutlich das Raphegefässbündel zu erkennen. Unmittelbar oberhalb des Nucellus an dem Funiculus ein paar Höckerchen, zuweilen wie ein Ringwulst gestaltet: offenbar Teile des Funiculus.

Integument nur 1, oberhalb der Mikropyle in einem stumpfen, nach dem Funiculus zugebogenen Gipfel endend.

Fig. 2.

Griffel (Styli). 2, ganz gesondert, jedoch unmittelbar beieinander, in der medianen Ebene, in den einander zugekehrten Höhlungen der Stylopodien stehend. Während des Öffnens der Blüte noch sehr kurz, und nebeneinander liegend in der von den Stylopodien gebildeten muldenförmigen Höhlung, mit den freien Enden in gegenübergestellter Richtung; sich noch nicht oder kaum über der Oberseite der Stylopodien erhebend *(Fig. 2).* Eben nach dem Abfallen der entleerten Staubblätter sich aufrichtend, allmählich mit den Spitzen auseinander weichend, und schliesslich beim Reifen der Frucht gänzlich hinten über das Stylopodium zurückgebogen.

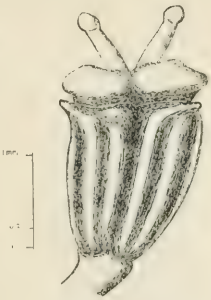


Fig. 3.

Während der Befruchtungszeit einen

[1]) Nach mehreren Autoren (cfr. Eichler, l. c. II, pag. 411) soll jene zweite Samenanlage schon frühzeitig mit der Obenwand des Fruchtknotens verwachsen. Es zeigte sich mir aber, dass dieses beim Kümmel nicht der Fall ist; es kann hier von Verwachsung nicht die Rede sein, weil die rudimentäre Samenanlage auch in der ausgewachsenen Frucht noch immer als ein selbständiges kleines Knötchen, unmittelbar oberhalb der Basis des Funikels, zu finden ist.

Winkel von ungefähr 90° bildend *(Fig. 3)*; die Länge alsdann nahezu $^1/_2$ cm. (gemessen von der Oberseite des Stylopodiums); stielrund; an der Basis ungefähr 200 μ, an der Spitze etwa 150 μ dick; weiss mit gelbem Ton, bisweilen auch rötlich.

Narbe (Stigma). Am jeden Griffel 1; endständig, einfach, nahezu kugelförmig mit einem Durchmesser von 200 μ; in reifem Zustande feucht glänzend; ohne Papillen; von derselben Farbe wie der Griffel.

Stylopodia [1]. 2, von oben gesehen nierenförmig; sich ausserhalb des Fruchtknotens mit einem dicken, oft ein wenig niedergebogenen Rande ausdehnend; sich mit den concaven Seiten in der Commissurebene berührend und dort nur mit den Basen miteinander verwachsen; zusammen den *Discus epigynus* bildend *(Fig. 2 und 3)*. Zwischen dem Discus und dem Oberrande des eigentlichen Fruchtknotens eine ziemlich tiefe Rinne, in welcher die Blumenblätter und Staubblätter eingepflanzt stehen.

Discus aus einem zarten Gewebe bestehend; gelblich weiss; auf dem Höhepunkt seiner Entwicklung während des Staubens der Antheren; die Höhe alsdann ungefähr $^1/_3$ der Ovarlänge; die Oberfläche ziemlich uneben und, wenn die Narben reif und feucht sind, von blinkenden Nektartropfen überdeckt.

In jenen Blüten, deren Fruchtknoten abortiert ist, jedoch immer die Stylopodien, Griffel und Narben anwesend. Die Stylopodien immer gut ausgebildet; die Griffel meist kürzer als in den Zwitterblüten, aber ganz normal sich aufrich-

[1]) Nach Oudemans, l. c. pag. 199, 200, wird dieses Organ durch den Blütenboden gebildet.

Nach Drude. l. c. pag. 86, soll aber das Stylopodium durch das Fruchtblatt gebildet werden.

Es ist schwer zu entscheiden, welche dieser beiden Auffassungen richtig ist; wohl aber ist es mir deutlich geworden, dass die Frage nicht allein auf anatomischen Gründen gelöst werden kann.

tend und auseinanderweichend; die Narben nach dem Entleeren der Staubblätter auch in gewöhnlicher Weise klebrig werdend.

Fig. 4.
Blütendiagramm.

Blütenformel: 5, 5, 5, (2).

Frucht. Zweisamige Spaltfrucht (Diachenium). Länge der reifen, aber noch nicht gespaltenen Frucht gut 4 mm. Von der Seite gesehen von elliptischer Gestalt, oben und unten im gleichen Masse verschmälert *(Fig. 5)*; von vorn gesehen seitwärts abgeflacht. In medianer Richtung $1^1/_2$—2 mm., in transversaler Richtung ungefähr 1 mm. dick. Völlig kahl; glänzend. Wand dünn und lederartig. Auf der Spitze die vertrockneten und eingeschrumpften Stylopodien mit den gänzlich zurückgebogenen verwelkten Griffeln. Commissurfurche tief und schmal.

Rippen (Juga). 10, fast stielrund, fadenförmig, stark vorspringend, hellgelb; carinale und suturale Rippen ganz gleich; nur mittels des Kelchzähnchens in der medianen Fläche des hinteren Mericarps zuweilen noch das hintere Mericarp vom vorderen zu unterscheiden.

Fig. 5.
Reife, trockne Frucht vor der Spaltung.

Tälchen. (Valleculae) ziemlich breit, tiefbraun, glänzend. In jedem Tälchen 1 Ölstrieme (Vitta), oft sehr deutlich sichtbar als ein etwas gewölbter Streifen mit schwachen queren Einschnürungen. *(Fig. 5* und *Tafel X. Fig. 5.)*

Fruchtträger (Carpophorum) fadenförmig; ebenso hellfarbig wie die Rippen; beim Trocknen der reifen Frucht sich von oben nach unten in 2 Aeste spaltend; Länge der Aeste ungefähr $^2/_3$ der ganzen Fruchtträgerlänge aber zuweilen auch weniger.

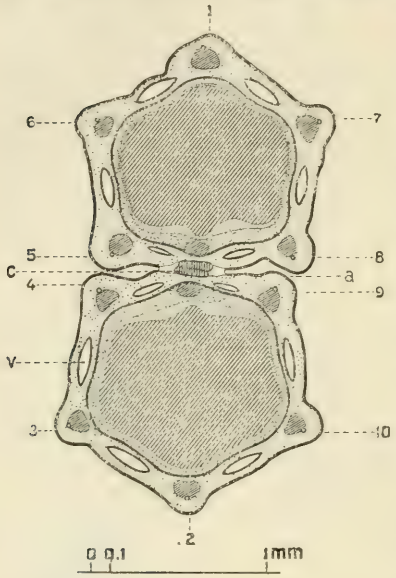


Fig. 6.

Querschnitt durch eine unreife Frucht. (Oberseite der Figur nach dem Zentrum des Döldchens gekehrt).

a — Commissura; *c* — Carpophorum.
v — Vitta.
1 und 2: dorsale Rippen.
4, 5, 8 und 9: laterale Rippen.
3, 6, 7 und 10: intermediäre Rippen.
1, 5, 8, 3 und 10: carinale Rippen.
6, 7, 4, 9 und 2: suturale Rippen.

Teilfrüchte (Mericarpia). 2; ziemlich oft aber nur eine entwickelt; sodann immer die hintere entweder nicht befruchtet oder in ihrer Entwicklung gestört. Nach dem Spalten der Frucht ein wenig sichelförmig. gekrümmt; Fugenseite concav, dorsale Rippe convex. Länge etwa 4.25 mm. Querschnitt fast regelmässig fünfeckig, nur die Fugenseite ein wenig zu breit. Fugenfläche (Superficies commissuralis) dunkelfarbig, mit einer medianen hellen Längslinie dort, wo die Zwischenwand durchgerissen ist; beiderseits dieser Längslinie eine Ölstrieme, ein wenig kürzer und schmäler als die übrigen Striemen. Einsamig durch Abortierung der zweiten Samenanlage.

Statistische Angaben.

Länge der Teilfrüchte: Frequenzkurve von 403 Mericarpien:

$M = 4.25$ mm.

$\frac{Q}{M} = 0.085.$

Minimum = 2.33 mm.

Maximum = 5.93 „

Same. Funiculus sehr kurz und dünn.

Samenhülle (Spermodermis) sehr dünn; mit der Fruchtwand verklebt, ausgenommen ein Teil an der Fugenseite, der Zwischenwand gegenüber.

Samenkern (Nucleus). Zum grössten Teil aus Endosperm bestehend.

Endosperm. Hornartig, durchscheinend, weisslich; nur der innerste Teil weicher. Orthosperm, mit einer hervorspringenden medianen Längsleiste.

Keim (Embryo). Gerade *(Fig. 7).* In der Spitze des Samens. Länge etwa 2 mm. Radicula nach oben gerichtet, bis in die äusserste Spitze des Samens reichend; 0.8 mm. lang, 0.3 mm. dick. (Diese Dimensionen nur für den Keim aus einem gequollenen Samen geltend.)

Fig. 7.
Keim aus einem gequollenen Samen.

Cotyledonen länglich, stumpf, glattrandig, gerade; Oberseite flach, Unterseite gewölbt; 0.30 bis 0.35 mm. breit; mit den Oberseiten gegeneinander liegend, meist der Fugenfläche des Samens parallel, oft aber mit derselben einen Winkel bildend. Plumula nicht entwickelt.

Keimpflanze. Hauptwurzeln lang, mit ziemlich kräftigen Seitenwurzeln. Cotyledonen zu 1.5 cm. langen, 1.5 mm. breiten, lanzettförmigen, glattrandigen und fiedernervigen grünen Blättern ausgewachsen; gegenständig einem deut-

lichen Knoten entspringend. Oft eine der Cotyledonen noch mit der leeren Fruchtwand auf ihrer Spitze.

Das erste Laubblatt (Folium primordiale) schon zusammengesetzt; unpaarig gefiedert, mit einem Fiederpaar und dreiteiligen gesägten Blättchen. Spätere Blätter allmählich mehr zusammengesetzt.

II. KAPITEL.

Der mikroskopische Bau der Frucht.

Bei der untenstehenden Behandlung des mikroskopischen Baues der reifen Frucht habe ich wiederum, — wie im Obigen schon bei der makroskopischen Pflanzenbeschreibung — einige der von Moll[1]) zusammengestellten Tabellen oder Schemas zu Hilfe genommen.

Sowohl als Führer bei den anatomischen Untersuchungen selbst, als auch bei der Wiedergabe der Untersuchungsergebnisse, sind diese Schemas unentbehrlich zu schätzen. Die Erfahrung hat auch mich schon bald gelehrt, wie ausserordentlich schwierig es ist, ein so verwickeltes Organ wie die reife Frucht, ziemlich vollständig zu untersuchen und zu beschreiben. Den erwähnten Tabellen treu folgend, findet man aber immer leicht den einzuschlagenden Weg, damit man eine klare Vorstellung des Baues von dem studierten Organe zu bekommen im Stande sei. Manchmal auch wird diese Arbeitsmethode vor grösseren Fehlern behüten.

Vor allem bei der Beschreibung sind die Tabellen von grossem Nützen, in vielerlei Hinsichten; die Beschreibung kann kurz und ohne überflüssige Wörter gefasst werden; alle anwesenden Elemente des Organs werden in bestimmter Reihenfolge besprochen und infolgedessen Wiederholungen vermieden.

---

[1]) Moll. Handboek der botanische Micrographie. Groningen 1907.

Nur auf diese Weise, nach einem festgestellten Plane, wird es denn auch möglich sein, leicht vergleichbare Beschreibungen desselben Organs verschiedener Sorten oder Gattungen zu Stande zu bringen.

Was mittels dieser Methode, der im wesentlichen die Linné'sche Methode zu Grunde liegt, geleistet werden kann, geht am deutlichsten hervor aus der Arbeit von Janssonius [1]) über das Holz der Javanischen Baumarten, sowie auch vorzüglich aus zwei Aufsätzen von Moll und Janssonius, nämlich über eine Verhandlung von Mrs. Stopes [2]), und über den anatomischen Bau des Holzes von Cytisus Adami [3]). Die Feststellung systematischer Verwandtschaft am anatomischen Baue der Hölzer; die Identification eines fossilen Holzes, und die endgültige Entscheidung, dass das Holz von Cytisus Adami hauptsächlich demjenigen des Cytisus Laburnum entspricht, sind eben nur ermöglicht worden durch sehr vollständige, nach der Linné'schen Methode geordnete und dadurch übersichtliche, leicht vergleichbare Beschreibungen mikroskopischer Structuren.

Was dagegen bei dem Beschreiben ohne feste Basis zu Stande kommt, wird Jedermann erfahren, der sich aus Literaturangaben ein Bild eines ihm unbekannten oder unvollständig bekannten Organs zu entwerfen versucht. Hoffentlich wird man in der Zukunft bald einsehen lernen, dass man, nach festgestellter Methode arbeitend, viel mehr

[1]) Janssonius. Mikrographie des Holzes der auf Java vorkommenden Baumarten.

[2]) Moll en Janssonius. Over de Linneaansche methode ter beschrijving van anatomische structuren, naar aanleiding van eene verhandeling van Mrs. Dr. Marie C. Stopes, getiteld: „Petrefactions of the earliest European Angiosperms." (Verslagen Kon. Akad. v. Wetenschappen te Amsterdam, 1912, pag. 529—538.)

[3]) Janssonius und Moll. Der anatomische Bau des Holzes der Pfropfhybride Cytisus Adami und ihrer Komponente. (Recueil d. Trav. botan. Néerl. Vol. VIII, 1911, pag. 333—368.)

erreichen kann, als mit planlosen, auf gut Glück und mit mehr oder weniger Gewandtheit zusammengesetzten Beschreibungen. In dieser Hinsicht ist eine Vergleichung zwischen der Verhandlung Stopes' und dem vorhin erwähnten Aufsatze von Moll und Janssonius sehr lehrreich. Bei Stopes eine zwar genügend vollständige und eingehende Beschreibung, in der alle zur Identification unentbehrlichen Elemente anwesend sind; aber dieselben sind nicht völlig verwertbar, nur weil sie nicht übersichtlich geordnet waren, so dass ohne weiteres eine Vergleichung mit anderen Holzbeschreibungen nicht gut möglich war. Erst nachdem die Elemente geordnet und gesichtet worden waren und in derselben Reihenfolge gestellt wie bei der Bearbeitung der Javanischen Holzarten, war eine Vergleichung leicht und wurde aller Zweifel über die Identität des betreffenden fossilen Holzes aufgehoben.

Die untenstehende Beschreibung ist in zwei Abschnitte geteilt; an erster Stelle werden all diejenigen Teile behandelt, die nicht zum Samen gehören, und zwar nach dem Moll'schen Schema für die Beschreibung des Gynaeceums [1]). Im zweiten Abschnitte wird die Anatomie des Samens beschrieben nach dem Schema für die Beschreibung des Samens [2]).

Man möchte vielleicht die Einwendung machen, weshalb nicht die Fruchtwand nach dem Blattschema beschrieben worden ist; es liege doch nahe, ein Fruchtblatt oder was daraus entstanden ist, auch als ein Blattorgan zu behandeln. Ich habe diese Möglichkeit auch erwogen, kam aber zu der Ueberzeugung, dass der Gebrauch des Blattschema's in diesem Falle zu einer gezwungenen Darstellung führen

[1]) Moll. Handboek der botanische Micrographie. pag. 62, 63: Schema voor de beschrijving van den stamper.

[2]) Moll. l. c. pag. 64, 65: Schema voor de beschrijving van het zaad.

würde, infolge der Tatsache, dass die Fruchtwand hier nicht nur durch das eigentliche Fruchtblatt gebildet wird, sondern sicher auch teilweise durch das Achsenorgan, namentlich den becherförmigen Blütenboden. Selbst das Stylopodium müsse nach Oudemans[1]) als ein Teil des Blütenbodens aufgefasst werden.

Was nun die Beschreibung der verschiedenen Elemente der ebenerwähnten Fruchtteile betrifft, wurden überdies fortwährend noch andere Schemas benutzt, nämlich an erster Stelle das Schema für die Beschreibung der Zelle und gelegentlich auch diejenigen für den primären Fibrovasalstrang, die Gefässe und die inneren Drüsen[2]).

Ich glaube, dass es nicht überflüssig ist und die Orientierung erleichtern wird, wenn ich hier eine Uebersicht über die im betreffenden Falle vorhandenen und zu beschreibenden Organe voranschicke.

1*a*. Aus dem Ovarium entstandene Teile.
  2*a*. Fruchtwand.
    3*a*. Epidermis.
      4*a*. Aussenepidermis.
      4*b*. Innenepidermis.
    3*b*. Mesophyll.
      4*a*. Parenchym.
      4*b*. Drüsen (Vittae; Saftgänge).
    3*c*. Meristele (Rippengefässbündel).
  2*b*. Scheidewand (Septum).
    3*a*. Epidermis.
    3*b*. Mesophyll.
      4*a* Parenchym.
    3*c*. Carpophorum.
  2*c*. Placenta.

[1]) Oudemans en De Vries. Leerboek der Plantenkunde. Vormleer en Rangschikking der Planten, tweede druk, pag. 199, 200.

[2]) Moll, l. c. pag. 38—43, 46, 47, 48.

2*d*. Stylopodium.
3*a*. Epidermis.
3*b*. Mesophyll.
3*c*. Meristele.
3*d*. Leitendes Gewebe.
1*b*. Griffel (Stylus).
2*a*. Epidermis.
2*b*. Mesophyll.
2*c*. Meristele (Gefässbündel).
2*d*. Leitendes Gewebe.
1*c*. Narbe (Stigma).
2*a*. Epidermis.
2*b*. Leitendes Gewebe.

Uebersicht über die Samenbeschreibung:

1*a*. Funiculus.
2*a*. Epidermis.
2*b*. Parenchym.
2*c*. Gefässbündel.
1*b*. Spermodermis.
2*a*. Testa.
3*a*. Aussenepidermis.
3*b*. Parenchym.
3*c*. Zusammengepresste Schichten.
2*b*. Raphe.
3*a*. Epidermis.
3*b*. Gefässbündel.
1*c*. Samenkern.
2*a*. Albumen.
3*a*. Endosperm.
2*b*. Keim.
3*a*. Radicula.
3*b*. Sprossvegetationspunkt.
3*c*. Cotyledonen.

Von einem jeden der in diesen kurzen Tabellen genannten

Organe wird nun jedesmal an erster Stelle die topographische Zusammensetzung beschrieben, wobei unter „Topographie", — in Uebereinstimmung mit der Arbeit von Janssonius über die Mikrographie des Holzes — eine *Zusammenfassung von mikroskopischer Anatomie und Histologie* [1]) zu verstehen ist. Der topographischen Darstellung werde ich dann jedesmal die Beschreibung der Gewebeelemente anschliessen. In dieser Weise wird die Beschreibung, zu der ich jetzt übergehe, im ganzen am übersichtlichsten bleiben.

Carum Carvi. L.
Frucht.

Material: reife und beinahe reife Früchte von kultiviertem niederländischen Kümmel; *a.* in lebendigem Zustande; *b.* in 95 % Alkohol aufbewahrt; *c.* 2 Tage mit 1 % Chromsäurelösung fixiert; *d.* 1 Tag mit ½ % Chromsäurelösung fixiert; *e.* 2½ bis 10 Tage mit starkem Flemming'schen Gemische fixiert; *f.* in 4 % Formaldehydlösung aufbewahrt.

Keime, auspräpariert aus während 18 Stunden in kaltem Wasser gequollenen Samen und danach während 24 Stunden fixiert mit starkem Flemming'schen Gemische.

Präparate: Querschnitte; mediane, sagittale und tangentiale Längsschnitte; abgerissene Streifen der Fruchtwand; ganze Früchte (auch unreife) in Chloralhydrat gekocht; Mazerationspräparate; Quer- und Längsschnittserien (Mikrotomschnitte) durch den Keim.

Reagentien: Wasser; Alkohol 95 %; Glyzerin (verdünnt); Jodjodkalium; Jodchloralhydrat (5 Chloralhydrat — 3 Wasser, gesättigt mit Jod); Phloroglucin-Salzsäure;

---

[1]) Janssonius. Mikrographie des Holzes etc.; Allgemeiner Teil von Dr. J. W. Moll, pag. 26.

Jodjodkalium + Schwefelsäure 66 %; Osmiumsäure 1 %; Chromsäure 20 g. + Wasser 60 g.; Chromsäure 40 g. + Wasser 60 g.; Origanumöl; Nelkenöl; Eosin in Alkohol gelöst; Pikrinsäure zur Sättigung in absolutem Alkohol gelöst; Kaliumquecksilberjodid; Fuchsin $^1/_{10}$ % in Wasser.

Beschreibung der mikroskopischen Struktur.

1*a*. **Aus dem Ovarium entstandene Teile.**

2*a*. Fruchtwand.

3*a*. *Aussenepidermis.* Einschichtig, überall fast gleich dick. Auf den Rippen die Zellen anders gestaltet als in den Tälchen. An der Fruchtspitze sich fortsetzend in die Epidermis des Stylopodiums. Dünne, fein längsgestreifte Cuticula. Spärliche kleine, phaneropore, in der Flächenansicht kurz-elliptische Stomata auf beiden Seiten jeder Rippe; die Spalte längsgerichtet; Atemhöhle oft etwa 20 μ tief und weit.

4*a*. *Epidermiszellen.* In den Tälchen R. 18 μ, T. 20 μ, L. 30—40 μ [1]), von sehr unregelmässiger Gestalt; oft mit wellig gebogenen radialen Wänden. Wände: ziemlich dünn, nur die Aussenwand etwas verdickt. Inhalt: meistens körnige Protoplasmareste.

Auf den Rippen R. 25 μ, T. etwa 20 μ, L. 50—80 μ, zylindrisch mit ein wenig abgerundeten Enden; längsgerichtet. Wände: verdickt; Innen- und radiale Wände 2—3 μ, Aussenwand 8 μ. Inhalt wie in obenerwähnten Zellen.

4*b*. *Stomaschliesszellen.* R. 8 μ, T. 7 μ, L. 25—30 μ, nahezu wurstförmig. Wände dünn. Inhalt körnig, gelb.

3*b*. *Innenepidermis.* Einschichtig, hauptsächlich aus tangential gestreckten, meistens in langen Längsreihen geordneten Fasern bestehend. Im obersten Teile der Frucht, oberhalb des Samengipfels, plötzlich parenchymatisch wer-

[1]) Durch R, T und L werden angedeutet: die Dimensionen in radialer, tangentialer und longitudinaler Richtung.

dend mit meist stehenden, dickwandigen, sehr reich getüpfelten Zellen. In der Basis der Frucht aus unregelmässig gestalteten Parenchymzellen bestehend.

4a. *Epidermiszellen*. I. Fasern, R. 17 μ, T. 75—80 μ, L. 15—20 μ; vierseitige Prismen mit dachförmigen Enden, indem die horizontalen Wände einen Winkel miteinander bilden. Zuweilen mehr von der Gestalt von Parenchymzellen, mit runden oder flachen, schiefgestellten Enden. Tangential gestreckt. Wände sehr dünn, die horizontalen oft etwas gefalten; farblos; schwach verholzt und verkorkt. Inhalt: sehr feinkörnige Masse, schwarz durch Flemming'sches Gemisch. Zuweilen Kernreste.

II. Stehende Zellen, R. 15 μ, T. etwa 15 μ, L. 30—50 μ; die obersten Zellen die höchsten; rechteckige Prismen, mit horizontalen Endwänden; längsgerichtet. Wände: stark verdickt, 4—5 μ; verholzt; met H_2SO_4 66 % nach Jodjodkalium eine schwache Zellulose-reaktion in den jüngsten Verdickungsschichten und braunfärbung der primären Schicht; diese braune Farbe bald in eine ziegelrote übergehend; viele kleine ovale Hoftüpfel, horizontal gestellt, in der am Mesophyll grenzenden Wand einseitig behöft; auch die nach dem Hohlraum der Frucht gekehrte Wand getüpfelt. Kein sichtbarer Inhalt.

III. Zellen in der Fruchtbasis: Durchmesser 20—40 μ, meist unregelmässig gestaltet, zuweilen nahezu würfelförmig oder etwas palisadenartig. Wand mehr weniger verdickt, gelblich, schwach verholzt; Inhalt wie bei den Fasern.

3c. ***Mesophyll.*** Parenchym aus 8 bis 9 Schichten bestehend; die Zellen der äussersten 2 oder 3 Schichten kleiner als bei den mehr innenwärts liegenden; in den inneren Schichten hauptsächlich stehende Zellen; mehr oder weniger zusammengepresst in radialer Richtung; mit kleinen Interzellularräumen; die innersten Schichten meist vollkommen zusammengepresst zu einer gelben, 10—12 μ dicken Schicht; in der Commissura das ganze Parenchym

nahezu vollständig zusammengepresst; in der Fruchtspitze sich in das Stylopodiumparenchym fortsetzend.

Vittae (Oelstriemen) (*Fig. 8, v*) im zusammengepressten Teile des Parenchyms liegend: im Querschnitt spitzovale, sich fast über die ganze Länge der Frucht erstreckende Schläuche; an der Basis der Frucht alle in ungefähr gleicher Höhe, und sich in der tangentialen Richtung ein

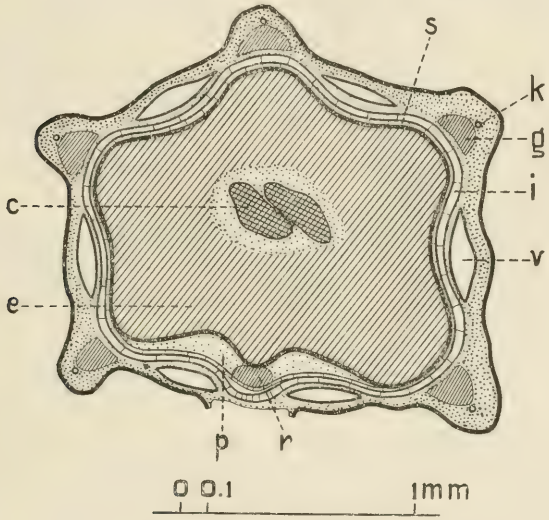


Fig. 8. Querschnitt durch ein reifes Mericarp.

c — Cotyledonen.
e — Endosperm.
g — Gefässbündel.
k — Saftgang.
p — Parenchym der Samenschale.
r — Raphebündel.
s — Samenschale.
v — Vitta.

wenig verschmälernd, stumpf endend; an der Fruchtspitze sehr schmal werdend und in, oder unmittelbar unter der Basis des Stylopodiums endend, meistens mit scharfer Spitze, zuweilen aber auch wohl mit ziemlich stumpfen

Ende; die commissuralen Ölstriemen etwas kürzer und schmäler und sich oben sowohl wie unten etwas minder weit erstreckend als die vallecularen; Durchmesser der vallecularen Oelstriemen in tangentialer Richtung etwa 300 μ, in radialer Richtung im weitesten Teile etwa 80 μ, der commissuralen Oelstriemen T. 250—270 μ, R. 60—70 μ; an mehreren Stellen deutlich eingeschnürt, nämlich da, wo sie durch Quermembranen in Kammern verteilt sind. Die Anzahl und Stellen der oft sehr verwickelt gebauten Quermembranen verschieden, meistens 5 bis 8; infolgedessen die durch die Quermembranen abgeschlossenen Kammern auch von sehr verschiedener Länge, z. B. 1200, 1700, 350, 250, 150 μ; die Endkammern meist die kürzesten. Das Vittaepithelium einschichtig, aus einem Mosaik von lückenlos aneinander schliessenden, oft mehr weniger collabierten, sezernierenden Zellen gebildet. Eine Belegmembran, im Vittaraume, wie eine Cuticula sowohl die Epithelzellen als auch die Quermembranen bekleidend; dünn, homogen, braun. Quermembran von sehr ungleicher Dicke, meist etwa 2 μ, die Ränder meistens dicker; von verschiedener Gestalt, oft nahezu eben, zuweilen aber stark gebogen bis halbkugelförmig; deutlich aus 3 Schichten zusammengesetzt, nämlich einer homogenen, weniger lichtbrechenden, hellgelben Innenschicht und beiderseits derselben der gelbbraunen Belegmembran [1]); oft sehr kompliziert gebaut *(Fig. 9)*; namentlich die Ansatzstelle an der Vittawand oft vielfach verteilt in Kammern oder Blasen. Jede Blase innen ausgekleidet mit einer Belegmembran. Auch in der Belegmembran selbst oft Blasen von verschiedener Grösse, zuweilen sehr kleine; oft grössere und zusammengesetzte, sowohl auf der Oberfläche der Quermembranen, wie in

[1]) Vergl. Van Wisselingh. Over de Vittae der Umbelliferen. Verhandel. der Kon. Akad. van Wetenschappen te Amsterdam. 1894. Tweede Sectie. Deel IV, No. 1.

der Belegmembran der Vittawand. *(Fig. 9).* Inhalt der Kammern: ätherisches Öl, oft die Kammer vollständig ausfüllend, zuweilen aber nicht gänzlich; oft neben einem

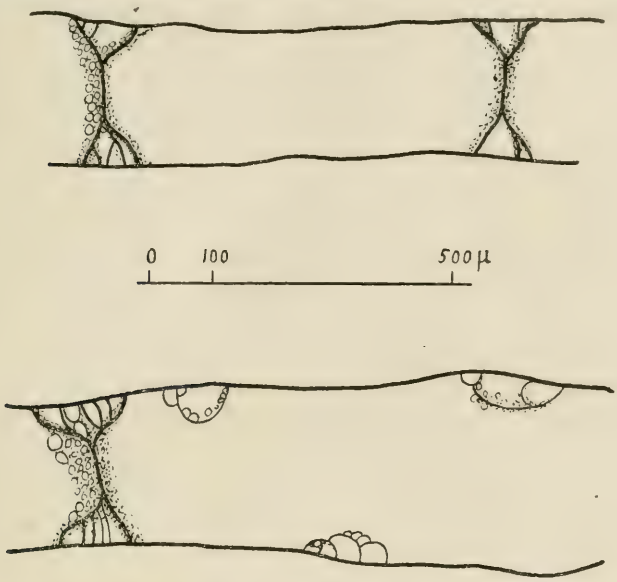


Fig. 9. Optische Längsschnitte durch zwei Vitta-abteilungen einer reifen Frucht. Zusammengesetzte Quermembranen; in der unteren Abbildung Blasen in der Belegmembran.
(Mit 1 % Chromsäure fixiertes Material.)

grossen Öltropfen einige kleine, runde, gesonderte Öltröpfchen vorhanden.

Saftgänge[1]): je ein unmittelbar an der Aussenseite

[1]) Es ist zweifelhaft ob die Saftgänge an dieser Stelle zu erwähnen sind und nicht vielmehr zum Pericambium zu rechnen wären, weil sie in der Frucht stets unmittelbar längs der Aussenseite des Phloëms verlaufen. Nach De Bary, *Vergleichende Anatomie der Vegetationsorgane*, pag. 463 u. 464 entstehen die Saftgänge (daselbst auch Ölgänge genannt) in den Umbelliferenwurzeln immer im Pericambium. Jedoch sind sie nicht in ihrem Vorkommen am Pericambium gebunden, denn auch im Markgewebe der Stengel z. B. findet man viele Gänge. Weil aber im betref-

jedes Rippengefässbündels *(Fig. 8k)* in der ganzen Länge der Frucht verlaufend und sich in den Fruchtstiel fortsetzend; Weite des Lumens 15—40 μ; zylindrisch, oder zuweilen auch wohl etwas in radialer Richting zusammengepresst; zuweilen verzweigt und dann 2 oder 3 Gänge ziemlich dicht nebeneinander längs der Aussenseite eines Rippenbündels; bis in das Stylopodium reichend, und je ein sich weiter in jeden Griffel bis an die Narbe erstreckend. Saftgangepithelium einschichtig, aus längsgestreckten, lückenlos aneinander schliessenden, ziemlich gleichen sezernierenden Zellen gebildet. Quermembranen, wie in den Ölstriemen, hier offenbar nicht vorhanden. Sehr dünne, farblose Belegmembran den Saftgangraum auskleidend. Inhalt ohne Zweifel verschieden vom Ölstrieminhalte; stellenweise lange, das Lumen ausfüllende, Säulen von einer braunen oder hellgelben homogenen Masse, durch Flemmingsches Gemisch schwarzgefärbt, und zudem auch viele kleine Kügelchen, ebenfalls durch das erwähnte Gemisch geschwärzt; in mit Chromsäure 1 % fixiertem Materiale der Inhalt meistens als eine Wabenstruktur von sehr dünnen, auch in starker Chromsäurelösung resistenten, farblosen, oder hellgelben Fädchen aussehend; kein ätherisches Öl.

4a. *Parenchymzellen.* I. In den äussersten 3 Schichten: Durchmesser etwa 15—20 μ; meist nahezu isodiametrisch; zuweilen kugelig, öfter unregelmässig rundlich. Wände dünn. Inhalt: oft noch wandständiges gelbliches Protoplasma mit vielen ovalen, gelblichen Chlorophyllkörnern.

II. In den inneren Schichten: R. und T. 5—8 μ, L. 50—70 μ; nahezu zylindrisch mit queren oder etwas schief

fenden Falle — in der Fruchtwand — nicht mit Gewissheit ein Pericambium zu erkennen ist, möchte ich die Saftgänge eher bei den Mesophyllgeweben anschliessen, besonders auch weil mir die Entstehungsweise ebensowenig durch andere Literatur (vergl. Engler u. Prantl. l. c. III 8) erklärt ist.

gestellten Endflächen; längsgerichtet. Wände dünn. Inhalt: wenige Protoplasmareste mit ziemlich wenigen, kleinen, farblosen Chloroplasten.

4*b*. *Epithelzellen der Vittae*. R. 8—10 μ, L. und T. 25—30 μ, fünf- oder sechseckige, auf der Oberfläche der Vitta liegende Platten; die Seitenflächen und die nach dem Vittaraume gekehrte Innenwand eben, die Aussenwand oft etwas nach aussen gewölbt. Wände dünn, gelblich,

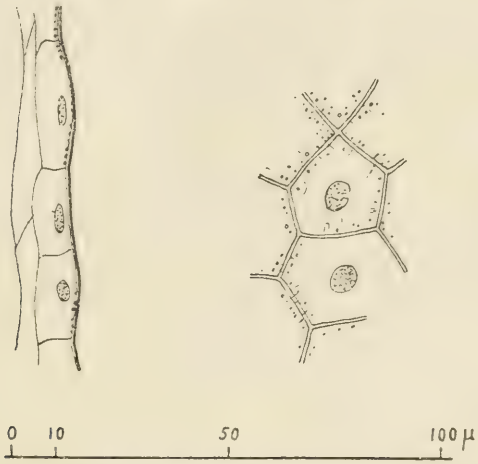


Fig. 10. Epithelzellen einer Vitta einer halbreifen Frucht, nach Einwirkung während einiger Minuten von einer Lösung von 20 g. Chromsäure in 60 g. Wasser.
Linke Abbildung: Längsschnitt; die dickere Linie is die Belegmembran.
Rechte Abbildung: Flächenansicht vom Lumen der Vitta aus.
(Mit $^1/_2$ % Chromsäure fixiertes Material).

offenbar verkorkt, nur in den Ecken äusserst wenig collenchymatisch verdickt, namentlich dort, wo die antikline Wand an der periklinen Innenwand anschliesst. Vom Vittaraume aus gesehen, diese collenchymatische Verdickung als ein etwa 2 μ breiter hyaliner Streif an beiden Seiten der antiklinen Wand sichtbar. Dieser Streif oft durch eine Reihe sehr kleiner Bläschen begrenzt, die wie kleine Löcher in der Innenwand aussehen (*Fig. 10*); die Bläschen

zuweilen spaltförmig und der antiklinen Wand parallel laufend. Oft eine feine Streifung in der Innenwand sichtbar, zwischen den beiden, beiderseits der antiklinen Wand liegenden Bläschenreihen (*Fig. 10*) und senkrecht zur antiklinen Wand gerichtet. Streifung und Bläschen oft den Eindruck machend, als ob feine Kanälchen [1]) die obenerwähnte collenchymatische Wandverdickung durchsetzen und in die kleine Bläschen münden. Bläschen resistent gegen 35 % Chromsäurelosung und gegen 75 % Schwefelsäure, gleichwie die Belegmembran im Vittaraume. Inhalt: grösstenteils desorganisierte Protoplasmareste, körnig, braun oder gelb, meist in etwa 5 μ dicker Schicht der Innenwand anliegend; zuweilen die Zelle gefüllt mit gelben Körnern oder eine zusammengeballte Masse oder noch eine wandständige, feinkörnige Protoplasmaschicht und eine grosse zentrale Vacuole. Kern kuchenförmig, rund oder kurz elliptisch; Durchmesser etwa 7 μ; stets mit einer Fläche der Innenwand anliegend.

4c. *Epithelzellen der Saftgänge.* R. 5—8 μ, T. 10—13 μ, L. 70—90 μ; vierseitige Prismen mit bald queren, bald schiefgestellten Endflächen; längsgerichtet. Wände dünn. Inhalt: desorganisierte Protoplasmareste.

3d. ***Meristele.*** Gefässbündel 1 in jeder Rippe; meist dreiseitig prismatisch mit abgerundeten Kanten, die eine Fläche parallel der Innenepidermis der Fruchtwand; geschlossen. Phloëm bisweilen offenbar in zwei, nach der Aussenseite der Frucht gekehrten Strängen, meist zusammengepresst; Geleitzellen besonders an der Aussenseite und wohl auch zwischen den Phloëmsträngen. Xylem nach dem Zentrum der Frucht gekehrt, mit oft in 2 Gruppen

---

[1]) Vielleicht Sekretionskanäle, wie bei anderen sezernierenden Zellen beschrieben von M. Nieuwenhuis—von Uexküll-Güldenband. Sekretionskanäle in den Cuticularschichten der extrafloralen Nektarien. Recueil des Travaux Botan. Néerlandais, Vol. XI. pag. 291—311).

gestellten Spiralgefässen und ziemlich zahlreichen, nicht sehr dickwandigen, langen Fasertracheïden. In der Fruchtspitze ziemlich viele kürzere Tracheïden.

Gefässbündelverlauf[1]). Zentralzylinder des Fruchtstieles sich unmittelbar unter der Fruchtbasis auflösend in die 10, sich in die 10 Fruchtrippen fortsetzenden Gefässbündel. Die 5 Gefässbündel jeder Teilfrucht in der Fruchtspitze, auf der Höhe der Kelchzähnchen zusammenkommend, nachdem sie unmittelbar vorher, durch Zutritt vieler Tracheïden und Holzparenchymzellen bedeutend breiter und dicker geworden sind (*Fig. 11, A*). Eben auf derselben Höhe der Kelchzähne auch die kleinen, sich nach den Kelchzähnen, Blumenblättern und Staubblättern begebenden Bündelchen entspringend.

Unmittelbar über dieser Stelle, eben in der Basis des Stylopodiums, die 5 Gefässbündel des Mericaps sich, durch Aneinanderschliessung der Tracheïden und Holzparenchymzellen der Nachbarbündel, zu einem, nur an der Fugenseite noch offenen Ringe vereinigend.[2]) *(Fig. 11 A, k)*. Die in der Fortsetzung der Rippenbündel liegenden Stellen des Ringes dicker *(Fig. 11 C, k)*, und dadurch der zusammengesetzte Charakter deutlich sichtbar bleibend. Das so entstandene Gefässbündelkomplex sich bis in den Oberteil des Stylopodiums fortsetzend und dort plötzlich endend. Wahrscheinlich einige Gefässe vom Innenrande des Komplexes bis in den Griffel laufend; dieses aber nicht genau festzustellen, auch nicht in den besten Präparaten.

Ein starker horizontaler Gefässbündelast aus den Gefäss-

---

[1]) Zur Untersuchung des Gefässbündelverlaufs wurden ganze unreife Früchte von verschiedenem Alter in Chloralhydrat gekocht und in demselben Medium untersucht. Ebenfalls wurden Querschnitte des Stylopodiums untersucht.

[2]) In noch jungen unreifen Früchten findet man noch keinen Zusammenhang der Gefässbündel; es kommt derselbe erst beim Reifen der Frucht zu Stande.

bündeln der lateralen Rippen entspringend *(Fig. 11 A und C, t)*, auf derselben Höhe, wo die Bündelchen der Kelchzähnen u. s. w. entspringen. Dieser Ast sich nach der Mitte der Fugenfläche, nach dem Carpophorum zu, und bald nach unten richtend, und dann in das Carpophorum hineingehend. Einige wenige Gefässe im Carpophorum sich bis in die Basis der Frucht fortsetzend und dort sich an die Gefässe des Fruchtstieles anschliessend.

Das Gefässbündel des Funiculus *(Fig. 11 B und C, r)* dem einen der ebenerwähnten horizontalen Aeste entspringend, zuerst horizontal verlaufend und nach dem Zentrum des Mericarps gerichtet, nachher sich nach unten umbiegend und sich in den Funiculus und die Raphe fortsetzend, bis in den unteren Teil des Samens.

Ein ähnliches, jedoch viel schwächeres und nur aus kurzen, dünnwandigen Tracheïden bestehendes Bündel ein wenig höher dem anderen horizontalen Gefässbündelast desselben Mericarps entspringend. Dieses Bündelchen nur sehr kurz bleibend, und endend in einem kleinen, aus dünnwandigem Parenchym bestehenden Höcker, der sich unmittelbar über der Stelle befindet, wo der Funiculus sich nach unten umbiegt. Ohne Zweifel handelt es sich hier um ein Rudiment [1]) einer zweiten Samenanlage.

Die Raumverhältnisse sind in der Fig. 11 C ersichtlich; dort in dem Querschnitt durch die Basis des Stylopodiums zu sehen, wie die Bündel der Funikeln in beiden Mericarpien aus den gleichnamigen Aesten des Gefässbündelkomplexes entspringen und infolgedessen natürlich auch die Rudimente, an gleichnamigen Aesten angehaftet, kreuzweise einander gegenüberstehen.

[1]) Dieses Rudiment niemals fehlend; innerhalb der Innenepidermis der Fruchtwand liegend, also in dem für den Samen bestimmten Hohlraume; nahezu eiförmig und aus sehr dünnwandigem Parenchym bestehend; die regelmässig gebaute Epidermis deutlich zu erkennen. In Chloralhydratpräparaten leicht auffallend durch seine gelblichgrüne Farbe.

4a. *Gefässe des Xylems.* Weite 7—8 μ; einige nur 5 μ weit; Länge der Glieder nicht bestimmbar; zylindrisch Querwände schief geneigt, mit 1 grosser, runder, oder

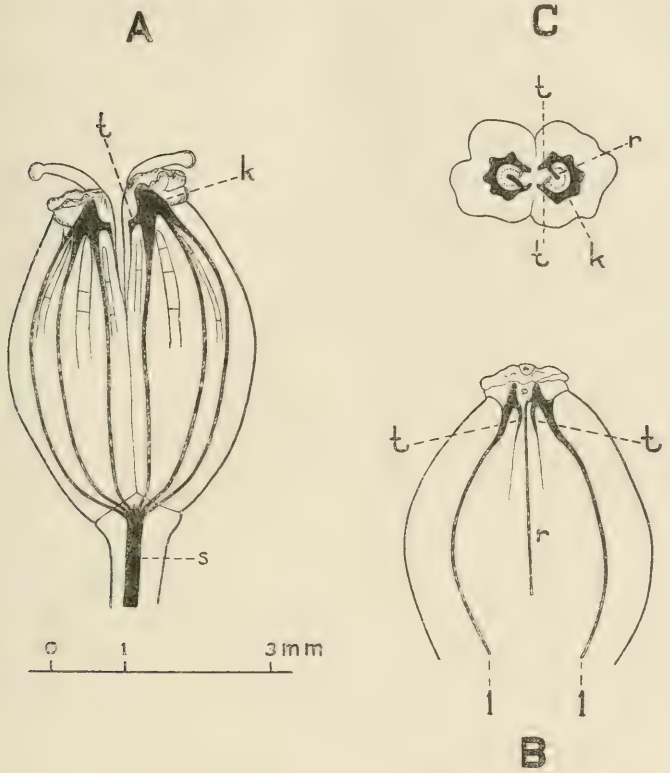


Fig. 11. Unreife Frucht, in Chloralhydrat gekocht.

A — Frucht, von der Seite gesehen; in jeder Fruchthälfte 3 Rippengefässbündel sichtbar.
B — Mericarp, von der Fugenseite gesehen.
C — Querschnitt durch die Basis der Stylopodien.
k — Komplex der Rippengefässbündel.
l — Gefässbündel der lateralen Rippen.
r — Gefässbündel des Funiculus und der Raphe.
s — Zentralzylinder des Fruchtstieles.
t — In das Carpophorum gehender Gefässbündelast.
Die Innenepidermis der Fruchtwand in C durch eine gebrochene kreisförmige Linie angedeutet.

ovaler Durchbohrung. Wand 2 μ dick, gemessen auf dem Spiralband; Spiralzeichnung dicht gewunden; bei den nur 5 μ weiten Gefässen Spiralband sehr weit gewunden.

4*b*. *Fasertracheïden*. I. Weite 12 μ oder weniger, Länge 300 μ oder mehr; meist lang spindelförmig. Wand dick 2.5 μ, farblos; Hoftüpfel klein, nahezu rund, wenig zahlreich. Kein Inhalt.

II. In der Fruchtspitze: Länge 100 μ oder etwas mehr, spindelförmig; Wand dick 2 μ, hellgelb, wenig verholzt; Hoftüpfel viele, elliptisch, schiefgestellt, ziemlich klein, aber grösser als die unter I erwähnten. Fasertracheïden noch mehr nach der Gefässbündelspitze zu noch kürzer werdend und, der Form nach, oft Parenchymzellen gleichend: Weite bis 15 μ, Länge 80—100 μ aber auch weniger; mehr weniger spindelförmig, zuweilen sehr unregelmässig, krumm oder mit krummen Enden; auch mit flachen Enden (Parenchym). Wand dick 3 μ; Hoftüpfel viele, elliptisch, quergestellt. Kein Inhalt.

2*b*. Scheidewand (Septum).

3*a*. ***Epidermis***. Ein Teil der Innenepidermis der Fruchtwand. Einschichtig. In der Medianlinie am dicksten und dort aus mehr weniger palisadenartigen Zellen bestehend. Beiderseits der Medianlinie in die Innenepidermis der Fruchtwand übergehend. Im obersten Teile aus würfelförmigen bis unregelmässig polyëdrischen, dickwandigen und reich getüpfelten Zellen bestehend. Zellen lückenlos aneinander schliessend.

4*a*. *Epidermiszellen*. I. R. 35—38 μ, T. etwa 20 μ, L. etwa 30 μ; vier- oder fünfseitige Prismen mit oft abgerundeten Kanten; die in der Medianlinie liegenden mit der kleinsten tangentialen Dimension; senkrecht zur Oberfläche der Scheidewand gerichtet. Nach beiden Seiten der Medianlinie allmählich die Gestalt der tangential gestreckten Innenepidermiszellen der Fruchtwand annehmend. Wände dünn; Aussen- und Innenwand ein wenig dicker

als die übrigen; farblos, schwach verholzt und verkorkt. Inhalt: sehr feinkörnige Masse, schwarz durch Flemmingsches Gemisch; zuweilen Kernreste.

II. Im obersten Teile der Scheidewand: R. 20—23 μ, T. etwa 20 μ, L. 10—15 μ; prismatisch bis fast würfelförmig oder unregelmässig polyëdrisch, mit abgerundeten Kanten. Wände dick 2 μ farblos; Hoftüpfel viele, nahezu rund, Diameter etwa 1—1½ μ. Kein Inhalt.

3b. ***Mesophyll.*** I. Im äusseren Teile aus 6 Schichten hoher, längsgerichteter Parenchymzellen gebildet, mit dem Mesophyllparenchym der Fruchtwand übereinstimmend. Kleine Interzellularräume.

II. Der innere Teil, in der Nähe des Carpophors, aus engeren, langgestreckten und mehr dickwandigen Zellen bestehend.

III. In der Trennungsfläche der Scheidewand meist ein im Querschnitt lang-elliptischer, transversal gerichteter Hohlraum, in dessen Zentrum sich das Carpophor befindet *(Fig. 6 c, pag. 180)*. In diesem Hohlraume zuweilen noch Ueberreste von einem kleinzelligen, dünnwandigen Parenchym; dessen Zellen zwar längsgestreckt, aber viel kürzer als beim übrigen Mesophyllparenchym; in der Nähe der einspringenden Aussenepidermis der Fruchtwand mit etwas grösseren Zellen und ein wenig collenchymatisch verdickt.

4a. *Parenchymzellen.* I. Im äusseren Teile der Scheidewand wie die grösseren Zellen des Mesophyllparenchyms der Fruchtwand.

II. In der Nähe des Carpophors: Weite 5—12 μ, L. 80—90 μ; meist zylindrisch mit horizontalen, selten schief geneigten Endflächen; längsgerichtet. Wände ein wenig verdickt, bis etwa 3 μ; gelblich. Inhalt: Protoplasmareste mit länglichem, vertikal stehendem Kerne.

III. In der Trennungsfläche: Weite 5—10 μ, L. etwa 25 μ; zylindrisch, mit horizontalen oder ein wenig schief geneigten Endflächen. Wände dünn, farblos, bei den

Zellen in der Nähe der Einbuchtung der Aussenepidermis ein wenig collenchymatisch verdickt. Inhalt: trübe, körnige Protoplasmareste.

3c. *Carpophorum.* Der untere, nicht gespaltene Teil eine abgeflacht zylindrische Säule; der Querschnitt länglich; der grösste Durchmesser etwa 130 μ, parallel der Fugenfläche; Durchmesser in der Medianfläche etwa 40 μ; das Unterende ein Ganzes mit dem Fruchtstiele bildend, sich trichterförmig erweiternd, und an die Innenseite des ebenfalls trichterförmigen obersten Endes des Fruchtstielzentralzylinders anschliessend. Hauptsächlich aus langen, längsgerichteten, spärlich getüpfelten und lückenlos aneinander schliessenden Fasern bestehend, die im erweiterten untersten Ende des Carpophors kürzer, weiter und tracheïdenartig werden, schliesslich sogar mehr den Charakter dickwandiger, viel reicher getüpfelter Parenchymzellen erlangen, und sich den Tracheïden des Zentralzylinders im Fruchtstiele anschliessen. Spiralgefässe [1]) in 2, in der transversalen Fläche nebeneinander laufenden Bündeln; jedes Bündel mit 5 bis 8 Spiralgefässen, die sich offenbar den inneren Xylemgefässen des Zentralzylinders des Fruchtstieles anschliessen. Phloëm nicht zu finden.

Der obere Teil durch einen der Fugenfläche parallelen Spalt in 2 Schenkeln verteilt. Jeder Schenkel eine im Querschnitt länglich runde Säule; Durchmesser parallel der Fugenfläche etwa 130 μ, senkrecht zur Fugenfläche etwa 20 μ; an der Spitze nochmals mehr weniger gespalten, jedenfalls in transversaler Richtung verbreitert, und sich dort an die linke und rechte Hälfte des oben beschriebenen Gefässbündelringes anschliessend; hauptsächlich aus

[1]) Nach Tschirch und Oesterle. Anatomischer Atlas der Pharmakognosie und Nahrungsmittelkunde, 1900, pag. 52, 53, soll das Carpophor bei *Pimpinella Anisum* L., und bei *Foeniculum capillaceum* Gilb. nur aus Bastfasern bestehen.

ähnlichen Fasern bestehend wie oben beschrieben. Fasern in der Carpophorspitze kürzer, tracheïdenähnlich, mit kleinen Hoftüpfeln, und an die Tracheïden des Gefässbündelringes in der Fruchtspitze anschliessend. Spiralgefässe in 2, in der transversalen Fläche nebeneinander laufenden, Bündeln; jedes Bündel mit 3 oder 4 Spiralgefässen, die sich offenbar den Xylemgefässen des ebenerwähnten Gefässbündelringes anschliessen. Phloëm nicht zu finden.

Im Zentrum des trichterförmigen unteren Endes des Carpophors eine Fortsetzung des Markgewebes des Fruchtstieles, als ein grosszelliges, dünnwandiges Parenchym.

4*a*. *Fasern*. Weite 7 μ, Länge sehr verschieden, z. B. 800, 850, 700, 1300, 1050 μ; fünf- oder sechsseitige Prismen mit abgerundeten Kanten, oder Zylinder, allmählich beiderseits in eine Spitze auslaufend. Wand dick etwa 2 μ, farblos, sehr spärlich getüpfelt; bald schiefgestellte Spalttüpfel, bald kleine runde Tüpfel. Inhalt: körnige Protoplasmareste.

Im untersten Teile der Carpophors viel kürzer werdend und bis 12 μ weit; Wand ziemlich reich getüpfelt; sehr kleine runde Tüpfel.

4*b*. *Gefässe*. Weite etwa 4 μ, Länge der Glieder nicht zu bestimmen. Wand ziemlich dünn; dichte Spiralwindung.

2*c*. Placenta, ganz oben im Fruchtfache, ein wenig seitlich von der Medianebene; nicht zu einem besonders zu beschreibenden Organe ausgebildet.

2*d*. Stylopodium. In der reifen Frucht meistens mehr oder weniger, oft gänzlich geschrumpft. In günstigen Fällen aber die Struktur noch gut zu sehen.

3*a*. ***Epidermis***, einschichtig, aus unregelmässig gestalteten Zellen bestehend; an der Aussenseite der Frucht am dicksten; nach der Fugenfläche zu allmählich dünner; am dünnsten in der Fuge. Dünne, wellig gestreifte Cuticula. Stomata ziemlich spärlich, kryptopor; der Vorhof in der Flächenansicht länglich, 10 μ lang, 4 μ breit, verschieden orientiert.

4a. *Epidermiszellen.* An der Aussenseite der Frucht: R. etwa 55 μ, T. und L. 10—30 μ; in der Fuge: R. 15 μ, T. etwa 20 μ oder weniger. Unregelmässige rundeckige Gestalt; Aussenwand ziemlich flach; Innenwand nach dem untenliegenden Parenchym vorgewölbt. Aussenwand dick bis 5 μ. Aeussere Hälfte der radialen Wände bis 5 μ dick, nach innen allmählich dünner werdend. Innenwand 2 μ dick. Nach der Fuge zu die Wände dünner; in der Fuge dünn; überall hellgelb. Inhalt: in den grösseren Zellen viele braune Protoplasmareste und sehr viele braune, runde, 2.5 μ grosse Körner; in den kleineren Zellen der Fuge nur Protoplasmareste und zuweilen sehr kleine Körnchen.

3b. ***Mesophyll.*** Unter der Epidermis der oberen und der äusseren Seite des Stylopodiums eine etwa 30 μ dicke Schicht vollständig zusammengepresster, dünnwandiger Zellen. Unter dieser Schicht eine etwa 130 μ dicke Schicht von ziemlich grosszelligem, dünnwandigem Parenchym, mit kleinen Interzellularräumen; die meisten Zellen stark desorganisiert und oft mehr oder weniger zusammengepresst. Einige schief verlaufende Saftgänge im meist nach innen liegenden Teile des Parenchyms.

4a. *Parenchymzellen.* Durchmesser 30—50 μ; kugelig oder unregelmässig polyëdrisch. Wände dünn, farblos oder sehr hell gelb. Inhalt: dünne Schicht von wandständigem Protoplasma mit ovalen, chloroplastähnlichen Körnern. Kern nahezu kugelig, etwa 8 μ in Durchmesser, mit 1 Nucleolus. Oft der Inhalt in hohem Grade desorganisiert.

3c. ***Meristele.*** Schief verlaufende Gefässbündelchen, oder einzelne, nach aussen verlaufende Tracheïden, an verschiedenen Stellen im Mesophyllparenchym.

3d. ***Leitendes Gewebe.*** Kleinzelliges Parenchym in der Nähe der Fuge; aus länglichen, dünnwandigen Zellen bestehend, die deutlich von einem, unmittelbar unter der Verschmelzungsstelle der beiden Stylopodien liegenden, Punkte ausstrahlen. Offenbar keine Interzellularräume.

4a. *Zellen*. Länge etwa 25 μ, Weite etwa 10 μ; länglich eiförmig oder mehr weniger zylindrisch mit abgerundeten Enden; meist schief nach oben und aussen gerichtet. Wände dünn, gelblich. Inhalt: dünne wandständige Protoplasmaschicht mit ovalen chloroplastähnlichen Körnern. Kern länglich rund.

1*b*. **Stylus.** (Griffel).

Gewöhnlich bei der reifen Frucht völlig eingetrocknet; dann und wann aber noch ziemlich gut erhalten.

2a. ***Epidermis***. Einschichtig; aus nahezu zylindrischen, längsgerichteten Zellen gebildet; sehr dünne, farblose, längsgestreifte Cuticula.

3a. *Epidermiszellen*. R. und T. 10 μ, L. 40—80 μ; an der Basis des Griffels kürzer und weiter werdend; nahezu zylindrisch mit queren, oder geneigten, oder gebogenen Endflächen. Längsgerichtet. Wände dünn; Aussenwand etwas verdickt. Inhalt: viele runde, gelbe, 1—2 μ grosse Körner, meist noch in wandständigen Protoplasmaresten liegend. Oft noch ein runder oder ellipsoïdischer Kern, 8—10 μ lang, stets der Innenwand anliegend. Im oberen Teile des Griffels der Inhalt eine homogene, meist etwas contrahierte gelbliche Masse.

2*b*. ***Mesophyll.*** Meist 3 Schichten nahezu zylindrischer, längsgestreckter, dünnwandiger Parenchymzellen. Kleine Interzellularräume. Saftgänge 2, zuweilen nur 1, in der von der Fugenfläche abgekehrten Seite des Griffels verlaufend, nur durch 1 Parenchymzelle von der Epidermis getrennt; nicht ganz bis zur Narbe reichend; Lumen etwa 10 μ weit, zylindrisch, aber oftmals etwas zusammengepresst; Epithelium einschichtig, aus länglichen, längsgerichteten, lückenlos aneinanderschliessenden Zellen gebildet; Sekretionsprodukt, wie im Obigen beschrieben.

3a. *Parenchymzellen*. R. und T. 10—15 μ; die inneren 5—10 μ; L. bis 150 μ; vielseitige Prismen oder Zylinder,

mit bald spitzen, bald stumpfen oder queren, flachen Enden. Wände sehr dünn. Inhalt: kleine gelbe Körner, oft grössere gelbe Klumpen; oft Kernreste.

3b. *Epithelzellen* der Saftgänge. R. 4—5 μ, T. 8—10 μ, L. 40—45 μ; vierseitige Prismen, mit bald geneigten, bald queren Endflächen; längsgestreckt. Wände dünn. Inhalt: desorganisierte Protoplasma- und Kernreste.

2c. ***Meristele.*** Nur in der Basis, sowie auch im obersten Teile des Griffels nur ein Spiralgefäss gesehen; Weite 10 μ, mit dünner Wand.

2d. ***Leitendes Gewebe.*** Das Innere des Griffels ausfüllend. Aus langen, meist spitz endenden, längsgerichteten Zellen bestehend; grösstenteils zusammengepresst. Sehr kleine Interzellularräume. Länge der Zellen ungefähr 100—150 μ. Wände sehr dünn. Inhalt fast fehlend; höchstens einige wenige trübe Reste.

1c. **Stigma.** (Narbe).

Bei der reifen Frucht oft ziemlich stark eingetrocknet.

2a. ***Epidermis.*** Einschichtig; in der Nähe der Griffelspitze am dünnsten; aus länglichen, keulenförmigen, senkrecht zur Oberfläche gerichteten Zellen bestehend; deren Aussenfläche ein wenig nach aussen vorgewölbt, aber keine Papillen bildend. Zuweilen offenbar durch eine Schleimschicht überzogen.

3a. *Epidermiszellen.* R. bis 35 μ, auch wohl weniger, namentlich in der Nähe der Griffelspitze; T. und L. 10—14 μ. Ein wenig keulenförmig, das dünnere Ende nach dem Zentrum der Narbe gerichtet. Wände dünn, zuweilen ein wenig verdickt zu nur 1 μ. Inhalt: trübe gelbe Masse; zuweilen noch ein ellipsoïdischer, 5 μ langer Kern, meistens in der Nähe der Innenwand.

2b. ***Leitendes Gewebe.*** Aus länglichen, keulenförmigen, dünnwandigen, mehr weniger senkrecht zur Narbenoberfläche gerichteten Zellen bestehend. Kleine Interzellularräume,

zuweilen auch etwas grössere. Oft anscheinend eine ziemlich homogene Masse in den Interzellularräumen: vielleicht Reste von Pollenschläuchen.

3a. *Zellen* des leitenden Gewebes. Länge etwa 40 μ, Dicke des dicksten Teiles etwa 15 μ; keulenförmig, zuweilen etwas krumm; das dünnere Ende spitz auslaufend und nach dem Zentrum der Griffelspitze zugekehrt; das dickere Ende abgerundet und nach der Narbenoberfläche zu gerichtet. Zuweilen zusammengepresst. Inhalt: gänzlich desorganisiert, zuweilen noch Kernreste.

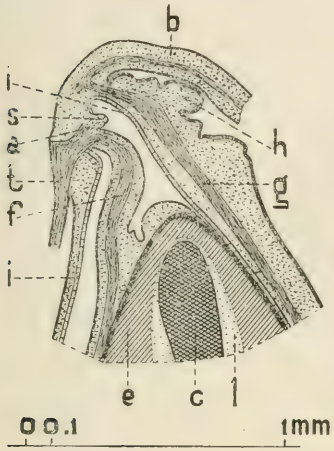


Fig. 12.

Medianer Längsschnitt durch die Spitze des reifen Mericarps.

a — Placenta.
b — Griffel.
c — Keim.
e — Endosperm.
f — Gefässbündel des Funiculus.
g — Gefässbündel der Rückenrippe.
h — Stylopodium.
i — Innenepidermis der Fruchtwand.
l — in Auflösung begriffenes Endosperm.
s — rudimentäre zweite Samenanlage.
t — in das Carpophorum gehender Gefässbündelast.

Der Same.

1a. **Funiculus** *(Fig. 12 f)*. Länge etwa 400 μ; Dicke etwa 110 μ; stielrund.

2a. *Epidermis*. Einschichtig. Aus etwas länglichen bis fast würfelförmigen, ziemlich kleinen und dünnwandigen Zellen bestehend. In der Nähe der Placenta die longitudinale Dimension etwas kleiner als bei den übrigen Zellen.

3a. *Epidermiszellen*. R. 12 μ, T. 10 μ, L. 15—23 μ; vierseitige Prismen mit queren Endflächen; längsgestreckt. Wände dünn; nur Aussenwand verdickt bis 1.5 μ; gelblich. Inhalt: Protoplasmareste; Kern kugelig, 5 μ, gelb.

2*b*. ***Parenchym.*** 2 oder 3 Schichten länglicher, längsgerichteter, dünnwandiger Zellen.

3*a*. *Parenchymzellen.* R. und T. etwa 8 μ, L. 35—40 μ; vier- bis mehrseitige Prismen, oder Zylinder, mit queren Endflächen. Wände dünn, gelblich. Inhalt: dichte, trübe, gelbliche Protoplasmareste und Kernreste.

2*c*. ***Gefässbündel.*** Phloëm offenbar gut ausgebildet, aber hier nahezu vollkommen desorganisiert; nach der Scheidewand zugekehrt.

Xylem aus einem Bündel von 4 oder 5 engen Spiralgefässen bestehend, an der vom Phloëm abgekehrten Seite begleitet von einigen kurzen Tracheïden und einer 2 Zellen dicken Schicht von Xylemparenchymzellen.

3*a*. *Xylemgefässe.* Weite 5—8 μ; Glieder im oberen Teile des Funikels offenbar kürzer als im unteren Teile. Wand dick 1.5 μ; dichte Spiralwindung, zuweilen in eine netzartige Zeichnung übergehend.

3*b*. *Tracheïden.* Weite ungefähr 8 μ, Länge 25—40 μ; nahezu spindelförmig. Wand dick etwa 1.5 μ; Spiralwindung oder Netzzeichnung wie bei den Gefässen.

3*c*. *Xylemparenchymzellen.* R. und T. 10—15 μ, L. 10—15 μ; würfelförmig oder vierseitig prismatisch mit schwach abgerundeten Kanten; die Prismen längsgerichtet. Wände verdickt, 2 μ; farblos. Hoftüpfel sehr viele in allen Wänden; Hof länglich, 4 μ lang oder etwas kürzer; verschieden gerichtet. Inhalt: zuweilen trübe Protoplasmareste; Kern ellipsoïdisch, 6 μ lang.

1*b*. **Spermodermis.**

2*a*. Testa (Samenschale).

3*a*. ***Aussenepidermis.*** Einschichtig; der Fruchtwand fest anliegend; nur an der Fugenseite zwischen den beiden commissuralen Ölstriemen, sowie auch in der Basis und Spitze des Fruchtfaches, nicht mit der Fruchtwand in Berührung. Aus oft unregelmässigen, meist in tangentialer

Richtung gestreckten, oft in vertikalen Reihen geordneten, dünnwandigen Zellen gebildet. In der Medianlinie an der Fugenseite die Zellen abweichend gestaltet (s. unter: Raphe).

4a. *Epidermiszellen.* R. 12—13, T. 30—40 μ oder weniger, L. 8—10 μ; vierseitige Prismen mit abgerundeten Enden; oft unregelmässig gestaltet; in tangentialer Richtung gestreckt. Wände sehr dünn; die radialen oft etwas gebogen. Inhalt: gelbe körnige Masse, in der viele, 2 μ grosse, runde, gelbliche chloroplastähnliche Körner, mit Kupferazetat-Eisenazetat Gerbstoffreaktion zeigend.

3b. ***Parenchym.*** Nur an der Fugenseite ziemlich gut erhalten *(Fig. 8 p, pag. 191)*; auch noch einiges an der Basis und der Spitze des Samens *(Fig. 13 p, pag.* 211*)*. An der Fugenseite, beiderseits der Raphe, den commissuralen Ölstriemen gegenüber, etwa 6 Schichten dick; nach beiden Seiten allmählich dünner werdend; aus längsgestreckten dünnwandigen Zellen bestehend, die in der Nähe der Raphe am kleinsten sind. Kleine Interzellularräume.

An der Spitze des Samens 1 oder 2 Schichten nahezu kugelförmiger Zellen.

An der Samenbasis einige Schichten eingetrockneter, oft zerrissener oder geschrumpfter Zellen.

4a. *Parenchymzellen* an der Fugenseite. R. und T. 15—25 μ, L. 40—60 μ. Fünf- bis sechsseitige Prismen mit queren oder schief geneigten oder abgerundeten Enden und meist abgerundeten Kanten. In der Nähe der Raphe enger werdend: R. und T. 3—8 μ, oft zylindrisch. Wände dünn, farblos. Inhalt: gelbe homogene, oder körnige Masse; Kern länglich rund, 8 μ lang; oft Gerbstoffreaktion.

3c. ***Zusammengepresste Schichten.*** Eine überall dem Endosperm fest anliegende, gelbe Lage völlig zusammengepresster, offenbar dünnwandiger Zellen; Dicke der Lage etwa 5 μ, in der Medianlinie der Fugenseite bis zu 20 μ. Meistens gar keine Zelllumina mehr zu erkennen. Die ganze

Lage schwarzgefärbt durch das Gerbstoffreagens Kupferazetat-Eisenazetat.

2*b*. Raphe. In der Medianlinie der Fugenseite, der hervorspringenden Längsleiste des Endosperms gegenüber, sich fast bis zur Samenbasis erstreckend *(Fig. 8 r, pag. 191)*.

3*a*. *Epidermis.* (Der mediane Teil der Testa-epidermis.) Eine Schicht längsgestreckter, dünnwandiger Zellen; am obersten Teile des Samens kürzer.

4*a*. *Epidermiszellen*. R. und T. 10—12 μ, L. bis 60 μ; vierseitige Prismen, mit queren, flachen oder gebogenen Enden. Längsgerichtet. Wände dünn, farblos. Inhalt; eine die Zelle ganz füllende, homogene oder sehr feinkörnige, braungelbe Masse; Kern länglich rund; 6 μ lang, Gerbstoffreaktion im Inhalte.

3*b*. *Gefässbündel.* Sich fast bis zur Basis des Samens erstreckend. Phloëm nicht mit Sicherheit zu erkennen. Nur einige 4 μ weite, zylindrische Spiralgefässe mit 1 μ dicker, farbloser Wand.

1*c*. **Samenkern.**

2*a*. Albumen.

3*a*. *Endosperm. (Fig. 8 e, pag. 191* und *Fig. 13 e)*. Der grösste Bestandteil des Samens. Fast von derselben Gestalt wie das Mericarp, aber den Ölstriemen gegenüber je eine breite, seichte Einbuchtung zeigend. Im Zentrum, fast in der ganzen Länge, ein Hohlraum; derselbe meistens spaltförmig, im gequollenen Samen im weitesten Teile in transversaler Richtung etwa 600 μ, in medianer Richtung etwa 150 μ breit, zuweilen aber im Querschnitte mehr rund; nach unten allmählich enger werdend. Aus polyedrischen, sehr ungleich gestalteten, ziemlich grossen und verhältnismässig dickwandigen Zellen bestehend. Die Zellen der äussersten 2 oder 3 Schichten am kleinsten. Zellen in Endospermquerschnitten im allgemeinen radial geordnet; in Tangentialschnitten oft Gruppen von 2, 4 oder 8,

offenbar aus einer einzigen Mutterzelle entstandene Zellen. Keine Interzellularräume. In der Nähe des zentralen Spaltraumes die Zellen mehr weniger voneinander gelöst und desorganisiert; am meisten die dem Hohlraume am nächsten befindlichen; mehrere dieser Zellen lose zwischen den Cotyledonen des Keimes liegend. Nach dem Inhalte die Zellen in 2 Sorten zu unterscheiden: zwar in allen Zellen viele Aleuronkörner, aber die eine Sorte nur Aleuronkörner mit Globoïden *(Globoïdzellen)*, die andere nur Aleuronkörner mit Sphaerokrystallen führend [1]) *(Sphaeritzellen)*; von jeder Sorte meistens mehrere Zellen in einer Gruppe beieinander, jedoch ohne einer gewissen Regelmässigkeit.

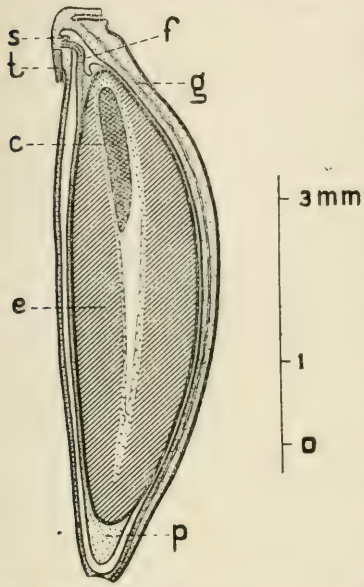


Fig. 13. Medianer Längsschnitt durch das reife Mericarp.
c — Keim.
e — Endosperm.
f — Funiculus.
g — Gefässbündel.
p — Parenchym.
s — rudimentäre zweite Samenanlage.
t — Carpophorum (abgebrochen).

4a. *Endospermzellen.* Grösster Durchmesser der grössten Zellen 60 μ; sehr ungleich gestaltet, unregelmässig polyëdrisch mit meistens abgerundeten Kanten. Wände verdickt, 2.5 μ, Mittellamelle oft sichtbar; farblos; Zellulosereaktion zeigend. Keine Tüpfel. Inhalt: dünne Schicht wandständiges Protoplasma, mit vielen

[1]) Nach Pfeffer. Untersuchungen über die Proteinkörner und die Bedeutung des Asparagins beim Keimen der Samen. (Jahrb. für Wiss. Botanik, 8, 1872) ist dieses eine allgemeine Erscheinung bei den Umbelliferen.

Protoplasmasträngen zwischen den Aleuronkörnern, und als Einschlüsse sehr kleine Körnchen; währscheinlich kleine Fetttröpfchen. Kern ellipsoïdisch bis kugelig; Durchmesser etwa 4 μ. Fetttröpfen bis 7 μ gross, zuweilen 8 in einer Zelle; auch sehr kleine Tröpfchen, etwa 1 μ, im Protoplasma zerstreut.

Aleuronkörner:

a. In den Sphaeritzellen *(Fig. 14 A)*: Sehr viele, die Zelle ausfüllend; die grössten etwa 12 μ lang und 7 μ

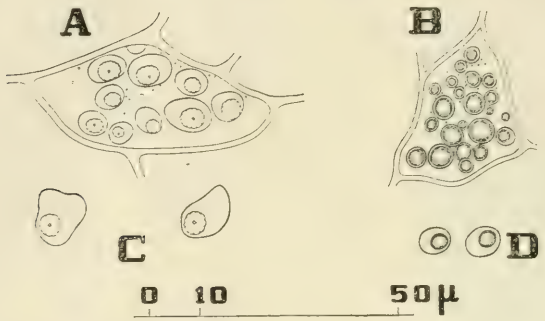


Fig. 14. Endospermzellen des trocknen reifen Samens in Origanumöle.
A — Sphaeritzelle.
B — Globoïdzelle.
C — grosse Aleuronkörner mit einem Sphaerokrystalle.
D — grosse Aleuronkörner mit einem Globoïde.

dick; die meisten kleiner; ungefähr eiförmig oder mehr weniger kegelförmig mit abgerundeter Basis und Spitze, auch wohl unregelmässiger gestaltet; je mit 1 runden, meistens stark exzentrisch liegenden Sphaerokrystalle *(Fig. 14 C)*. Sphaerokrystall bis zu 4 μ gross; im Zentrum ein sehr kleines Loch. Zuweilen statt eines Sphaerokrystalles ein einfaches Krystall, anscheinend eine tetragonale Bipyramide.

Ueberdies noch mehrere sehr kleine Aleuronkörner; Durchmesser 1 μ und weniger; offenbar ohne Krystall.

b. In den Globoïdzellen *(Fig. 14 B)*: sehr viele; Durchmesser der grössten etwa 7 μ, meistens kugelrund; die

meisten kleiner; je mit 1 kugelrunden, meistens zentral liegenden Globoïde. Globoïd bis zu 4 μ gross; meistens verhältnismässig so gross, dass der Eiweissteil des Aleuronkorns nur eine dünne Kugelschale bildet; zuweilen aber relativ kleiner *(Fig. 14 D)* und dann exzentrisch liegend. In vielen Globoïden ein kleines zentrales Loch.

Ueberdies noch mehrere sehr kleine Aleuronkörner; Durchmesser 1 μ und weniger; offenbar ohne Globoïd.

c. In den Zellen der äussersten Schicht: nur sehr viele kleine, nahezu runde; die grössten etwa 2 μ; zuweilen mit einem sehr kleinen Kryställchen, erst im polarisierten Lichte zwischen gekreuzten Nicols zum Tage tretend.

Die *innersten Zellen, in der Nähe des Endospermhohlraumes,* oft mehr weniger collabiert, Wände dünner geworden. Inhalt: Protoplasmareste; mehrere einfache Stärkekörner von verschiedener Grösse, die kleineren kugelrund, die grössten 12 μ lang, 6 μ dick, eiförmig; meistens ein ziemlich grosser Fetttropfen.

2*b*. **Keim.** Ganz aus meristematischen Geweben zusammengesetzt. Zellwände überall dünn. Protoplasmatischer Zellinhalt dicht; nur in den grössten Rindenparenchymzellen der Radicula schon einige kleine runde Vacuolen. Oft Kernteilungsstadien; Chromosomenzahl offenbar 12.

3*a*. Radicula.

4*a*. ***Calyptra***. (Wurzelhaube). Die Wurzelspitze bis etwa 300 μ hinauf überdeckend. An der Spitze etwa 30 μ dick. Die oberflächliche Schicht aus epidermisartigen, meist tafelförmigen Zellen bestehend, die an der Spitze am grössten sind. Uebrigens aus nahezu kugelförmigen oder polyëdrischen Zellen gebildet. Keine Interzellularräume.

5*a*. *Zellen*: in der äussersten Schicht: R. 7—8 μ, T. und L. 15 μ; fünf- bis sechsseitige Platten. Kern kugelig, 5—8 μ.

Die inneren: Durchmesser etwa 10 μ; kugelig oder polyëdrisch. Kern kugelig, 5—6 μ.

4*b*. ***Epidermis.*** Aus 1 Schicht, ein wenig länglicher, längsgestreckter und in Längsreihen geordneter Zellen bestehend.

5*a*. *Epidermiszellen*. R. 12 μ, T. 5—7 μ, L. 15—20 μ. Vierseitig prismatisch mit abgerundeten Kanten; längsgerichtet. Inhalt: im Protoplasma mehrere kleine Fetttröpfchen; Kern länglich rund, etwas abgeflacht, lang 5—6 μ, dick 3—4 μ; Nucleolus 1, rund, 2 μ.

4*c*. ***Rinde***. Ungefähr 5 Schichten verhältnismässig grosser, isodiametrischer oder tangential gestreckter, in Längsreihen geordneter Zellen.

Die inneren Zellen öfter tangential gestreckt als die äusseren. Grösse in der Nähe der Würzelspitze etwas abnehmend. Lange, enge Interzellularräume, nur in der Längsrichtung.

5*a*. *Zellen*. Die äusseren: R. und T. 12 μ oder etwas weniger; L. 14—15 μ, in der Wurzelspitze niedriger werdend bis L. 7—8 μ; würfelförmig bis kugelig, oder ellipsoïdisch und dann meist tangential gestreckt.

Die inneren: von ziemlich ungleicher Grösse, die grössten R. 10 μ, T. 30 μ, L. 14—15 μ; in der Wurzelspitze L. 7—8 μ; meist ellipsoïdisch, tangential gestreckt. Inhalt: im Protoplasma verbreitet viele kleine runde Stärkekörnchen, die grössten 3 μ, die meisten kleiner; auch kleine Fetttröpfchen. Kern kugelig, 5 μ, bis ellipsoïdisch, 7 μ lang, 4 μ dick. Nucleolus 1, zuweilen 2, rund, 2 μ.

4*d*. ***Zentralzylinder***. Aus langen, dünnen, längsgerichteten und in Längsreihen geordneten Procambiumzellen bestehend; die Dimension parallel der Wurzelachse ungefähr 2-mal so gross als bei den Rindenzellen. In den äussersten 2 oder 3 Lagen die Dicke der Zellen am grössten, aber auch verschieden. Oft 2 dünne Zellen gegeneinander liegend, offenbar kürzlich, durch Entstehung einer vertikalen Wand, aus einer Mutterzelle entstanden.

In der Wurzelspitze Zellen niedriger und mehr abgerundet. Keine Interzellularräume (ausser der Saftgänge).

Saftgänge. An 5 Stellen in der Peripherie des Zentralzylinders; ungefähr 5—6 μ weite, längsgerichtete Interzellularräume, dreiseitig prismatisch bis zylindrisch, sich zuweilen fast schon in der ganzen Wurzellänge erstreckend, ungefähr 200—300 μ vom Vegetationspunkte entfernt anfangend; zuweilen plötzlich in die nächstliegende Vertikalreihe rückend, und dann ein kurzer horizontaler Interzellulargang die Verbindung zwischen den beiden vertikalen Saftgangstücken zu Stande bringend; Epithelium einschichtig, aus 4 oder 5 vertikalen Reihen von längsgestreckten, verhältnismässig grossen, lückenlos aneinander schliessenden Zellen bestehend; offenbar eine dünne, gelbliche Belegmembran im Interzellulargange die Epithelzellen bekleidend; im Lumen eine gelbliche homogene Masse, in welcher zuweilen kleine, kugelförmige, vacuolenartige Höhlungen.

5a. *Procambiumzellen.* R. und T. 16—10 μ und kleiner, namentlich im Zentrum des Zentralzylinders; L. 37—25 μ, in der Nähe der Wurzelspitze abnehmend bis zu 17 μ; fünf- bis sechsseitige Prismen mit queren oder schiefgeneigten Enden, zuweilen mit abgerundeten Kanten. Kern ellipsoïdisch, lang 14—12 μ, dick 6—5 μ, in den zentralen Zellen kleiner; Nucleolus 1, rund, 2 μ.

5b. *Epithelzellen* der Saftgänge. R. und T. 16—10 μ und kleiner; L. 18—20 μ; fünf- bis 6-seitige Prismen mit queren Enden; längsgerichtet; die dem Lumen des Ganges zugekehrte Wand ein wenig verdickt, gelb. Kern offenbar kugelig, 5—6 μ; Nucleolus 1, kugelig, $2^1/_2$ μ.

4e. ***Vegetationspunkt.*** In der äussersten Spitze eine Gruppe von nahezu isodiametrischen, unregelmässig liegenden Zellen; übrigens die Wurzelspitze, soweit dieselbe durch die Calyptra überdeckt wird, ganz aus nahezu gleichen, oft würfelförmigen, in Längsreihen geordneten

Zellen bestehend; die zentralen Zellen die kleinsten. Keine Interzellularräume.

5a. *Zellen*: I. In der äussersten Spitze: Diameter 10—13 μ; polyëdrisch bis nahezu kugelig. Kern kugelig, 6—7 μ; Nucleolus $1^1/_2$—2 μ.

II. Die übrigen: R., T. und L. 8—13 μ; fünf- bis sechsseitige Prismen, oder kurze Zylinder mit queren Enden, oder Würfel. Kerne wie bei den vorigen.

3b. Sprossvegetationspunkt. Ein kleines, leicht gewölbtes Höckerchen, in einer, durch die beiden an der Basis verwachsenen Cotyledonen gebildeten Mulde. Horizontaler Durchmesser etwa 70 μ. Die Oberfläche aus einer epidermisartigen, sich in die Epidermis der Cotyledonen fortsetzenden Zellschicht bestehend. Das Innere aus nahezu gleichen, isodiametrischen, regellos durcheinander liegenden Zellen gebildet.

4a. *Zellen:* der äusseren Schicht: R., T. und L. nahezu 10 μ; würfelförmig bis unregelmässig sechsseitig; Aussenwand ganz flach. Kern 5—6 μ; kugelig bis eiförmig,

Die inneren: Durchmesser 10—15 μ; polyëdrisch bis kugelig. Kern 5—8 μ, kugelig. Nucleoli oft 2, rund, 1—2 μ.

3c. Cotyledonen.

4a. ***Oberepidermis.*** Einschichtig, fast überall gleich dick, nur am Rande der Cotyledo etwas dünner; aus meistens längsgestreckten Zellen bestehend. Keine Stomata.

5a. *Epidermiszellen.* R. 12 μ, T. 7—8 μ, L. 7—18 μ; vierseitige Prismen, mit abgerundeten Kanten und queren oder schief geneigten Enden. Längsgerichtet. Die in der Längsrichtung am niedrigsten, offenbar eben durch Teilung entstanden. Kern kugelig, 5 μ.

4b. ***Unterepidermis,*** der Oberepidermis nahezu gleich, nur in der Mittellinie etwas dünner; namlich 8 μ. Die Zellen wie bei der Oberepidermis.

4c. ***Mesophyll.*** Keine Differenzierung in Palisaden- und Schwammparenchym. Aus ein wenig länglichen, längsge-

richteten Zellen bestehend; dieselben grösser als die Epidermiszellen. Oft Gruppen von 2 oder 3 Zellen, offenbar aus einer einzigen Mutterzelle entstanden. In den Ecken sehr kleine Interzellularräume. Nicht selten lange enge Interzellularräume, in der Längsrichtung der Cotyledo, längs einer oder mehreren Zellen.

5*a*. *Zellen* des Mesophylls. R. und T. 15 μ oder weniger; L. 25 μ oder weniger, bis etwa 10 μ; kurze Prismen mit abgerundeten Kanten oder Zylinder, mit queren Enden. Kern kugelig, etwa 5 μ; Nucleolus 1, etwa $1^1/_2$ μ. Im Protoplasma verbreitet viele äusserst kleine Stärkekörnchen, und sehr kleine Fetttröpfchen.

4*d*. ***Nerven.*** Die Anlage eines Mittelnerves in der Mittellinie der Cotyledo, in der unteren Hälfte des Mesophylls, als ein zylindrischer Strang enger, längsgestreckter Procambiumzellen. Die Zellen ein wenig länger als die Mesophyllelemente. Keine Interzellularräume.

Ebenfalls eine etwas schwächere Anlage in jedem Rande der Cotyledo, in unmittelbarer Nähe der Randepidermis. Querverbindungen zwischen Mittelnerv und Randnerven an mehreren Stellen.

Ein Saftgang in der Unterseite der Mittelnervanlage, als ein sich fast über die ganze Länge der Cotyledo fortsetzender, abgerundet dreiseitig prismatischer Interzellularraum; etwa 7 μ weit; Epithelium einschichtig, aus 4 Reihen längsgestreckter, lückenlos aneinanderschliessender Zellen bestehend. Lumen des Ganges zuweilen über eine grosse Strecke mit einer homogenen gelblichbraunen Masse gefüllt.

In den Randnerven auch je eine Saftganganlage, aber nicht so weit ausgebildet wie im Mittelnerve. In den Querverbindungen zwischen Randnerven und Mittelnerve kein Saftgang vorhanden.

5*a*. *Procambiumzellen*. R. und T. etwa 5 μ, L. 28—32 μ; fünf- bis sechsseitige Prismen, oder Zylinder, mit

queren oder schief geneigten Enden; zuweilen mit stumpfen runden Enden; längsgerichtet. Kern lang 10—18 μ, dick 2—4 μ, nahezu zylindrisch mit abgerundeten Enden; längsgerichtet; Nucleoli meistens 2, klein.

5*b*. *Epithelzellen* der Saftgänge. R. und T. 6—7 μ, L. 23—28 μ; fünf- bis sechsseitige Prismen. Kern lang 8 μ, dick 4 μ, nahezu ellipsoïdisch; längsgerichtet; Nucleoli 2, klein.

III. KAPITEL.

Das Blühen und die Bestäubung.

Bei der Beschreibung der Kümmelblüten haben wir schon gesehen, dass dieselben proterandrisch sind und die Bestäubung durch Insekten zu Stande kommen muss. Es ist dies eine bekannte Tatsache, die bei den meisten Umbelliferen beobachtet worden ist, und eine Folge von der sehr ungleichzeitigen Entwicklung verschiedener Teile in der embryonalen Blüte. Schon vor dem Kelche und der Blumenkrone werden die Staubblätter angelegt, zuletzt aber von allen Teilen die Fruchtblätter [1]).

Die Proterandrie kann aber, bei den verschiedenen Umbelliferen, in sehr verschiedenem Masse ausgeprägt sein. Es bestehen alle möglichen Uebergänge, von stark ausgesprochener Proterandrie — durch welche die Befruchtung gänzlich abhängig wird vom Insektenbesuche —, bis nur sehr geringem Unterschiede in der Reifezeit der Staubblätter und Narben, ja sogar bis zu Homogamie.

Nach Schulz [2]) sind u. a. die folgenden Arten homogam: *Aethusa Cynapium* L., *Scandix Pecten Veneris* L. und *Anethum graveolens* L. Von Drude [3]) wird hier

[1]) Drude. l. c. pag. 85.

[2]) A. Schulz. Beiträge zur Kenntnis der Bestäubungseinrichtungen und Geschlechtsvertheilung bei den Pflanzen. Bibliotheca Botanica. III. Heft 17, 1890.

[3]) Drude. l. c. pag. 89.

noch *Hydrocotyle vulgaris* L. hinzugefügt. Nach Kerner von Marilaun[1]) sollen sogar proterogyne Arten vorkommen; z. B. *Aethusa, Astrantia, Scandix* u. a.

In wieweit der letztgenannte Autor recht hat, kann ich nicht mit Gewissheit beurteilen; was *Aethusa Cynapium* L. anbetrifft, glaube ich, nach eigenen gelegentlichen Beobachtungen, dass Kerner recht hat, obwohl ich dafür keine Beweise beibringen könnte.

Jedenfalls geht wohl aus den verschiedenen Angaben hervor, dass es bedeutende Schwankungen gibt in dem Grade der Proterandrie.

Es versteht sich, dass infolgedessen auch sehr verschiedene Bestäubungsweisen vorkommen müssen. Wenn man also bei einer bestimmten Art dieser Familie entscheiden will, auf welcher Weise die Bestäubung stattfindet, so wird es vor allen Dingen nötig sein, die Stufe der Proterandrie zu bestimmen, und zudem zu untersuchen, welche Rolle gespielt wird durch die Erscheinung der, in dieser Familie sehr oft vorkommenden Polygamie, eine Folge der Tatsache dass viele Ovarien unausgebildet bleiben.

Man hat nicht immer genügend eingesehen, dass man sich in diesen Dingen hüten soll vor der Verallgemeinerung einzelner gut untersuchter Fälle. Meines Erachtens liegt hierin die Ursache, weshalb die verschiedenen Autoren so ganz ungleiche Darstellungen geben von den Bestäubungsweisen, z. B. Hermann Müller einerseits und Burck, in Uebereinstimmung mit Sprengel anderseits.

Müller[2]) handelt von der *„proterandrischen Dichogamie"* der Umbelliferen und sagt davon, dass dieselbe „oft in dem Grade ausgeprägt ist, dass alle Einzelblüthen einer ganzen Dolde erst nach dem Abblühen der Staub-

---

[1]) Kerner von Marilaun. Pflanzenleben. Zweite Aufl. pag. 284.

[2]) Hermann Müller. Die Befruchtung der Blumen durch Insekten und die gegenseitigen Anpassungen beider. 1873. p. 97.

gefässe die Griffel hervortreten lassen und die Narben entwickeln, so dass eine ganze Genossenschaft in der ersten Blüthenperiode gemeinsam den über die Dolde hinschreitenden Gästen ihren Blüthenstaub an die Unterseite heftet, in der zweiten Blüthenperiode ihre Narben zur massenhaften gemeinsamen Fremdbestäubung entgegenstreckt. Also stets Kreuzung getrennter Dolden und, bei völliger Sicherung derselben, Unmöglichkeit der Sichselbstbestäubung. Hierzu kommt bei manchen Umbelliferen die Eigenthümlichkeit, dass sich gegen Ende der Blüthezeit rein männliche Blüthen entwickeln, welche für die Befruchtung der letzten im zweiten Stadium befindlichen Zwitterblüthen nöthigen Blüthenstaub liefern."

Diesem kann Burck[1]) nicht beistimmen und er behauptet, dass Müller's Darstellung unrichtig ist. Nach Burck ist es „unschwer zu konstatieren, dass in jedem Döldchen die Blütenentfaltung von der Periferie nach dem Centrum fortschreitet, so dass man an einer Dolde in voller Blüte, in jedem aus hermaphroditischen Blüten zusammengesetzten Döldchen die periferischen Blüten im weiblichen, die anderen im männlichen Stadium findet, die central gestellten Blüten sind dann oft noch geschlossen. Insekten, welche sich auf die Dolde niederlassen und darüber hinschreiten, kommen also in jedem Döldchen mit denselben Teilen ihres Körpers mit dem Blütenstaub in Berührung, womit sie die Narben der Randblüten berühren, gerade so wie es von Sprengel beobachtet worden ist." Weiter erinnert Burck daran, dass bei den meisten Umbelliferen, wenn nicht schon in der Hauptdolde, so doch in den Dolden höherer Ordnung, die Blüten in der Mitte des Döldchens männlich sind, und die jüngsten Dolden höherer Ordnung zuweilen sogar nur männliche Blüten

---

[1]) Burck. Darwin's Kreuzungsgesetz und die Grundlagen der Blütenbiologie. Recueil des Trav. Botan. Néerl. IV pag. 98.

tragen, so dass gewöhnlich eine reiche Fülle von Blütenstaub da ist, und kommt sodann zu der Ueberzeugung, „dass im allgemeinen eine Kreuzbefruchtung nur ausnahmsweise stattfinden kann."

Ich kann nicht leugnen, dass, bei einer vorläufigen Kenntnisnahme von den Blüten der Kümmelpflanze, die Auffassung Burck's sehr annehmbar erscheint. Bei näherer Betrachtung aber wird es sich zeigen, dass für diesen besonderen Fall die Schlussfolgerung Hermann Müller's ganz richtig begründet ist. Im Folgenden hoffe ich dieses beweisen zu können.

An erster Stelle möchte ich die Einzelheiten des Blühens der Hauptachsendolde betrachten, dass heisst also jener Dolde, die auf dem Gipfel der Hauptachse steht und zuerst aufblüht. Wir haben in der Pflanzbeschreibung bereits gesehen, dass die Hauptachsendolde durchschnittlich aus 9 Döldchen, mit je etwa 20 Blüten, zusammengesetzt ist. Alle zu derselben Dolde gehörenden Döldchen verhalten sich untereinander gleicherweise. Die Randblüten oder periferischen Blüten entfalten sich zuerst, gleichzeitig in allen Döldchen. Erst danach die mehr nach innen stehenden Blüten und zuletzt die zentralen Blüten jedes Döldchens. (*Tafel X Fig. 1.*). Insofern können wir Burck völlig beistimmen; die Blütenentfaltung schreitet in jedem Döldchen von der Periferie nach dem Zentrum fort; aber was von ihm dem oben angeführten Zitate hinzugefügt wird, gilt hier nicht. Das wird sich gleich zeigen, wenn wir in die weiteren Einzelheiten des Blühens eingehen.

Wir fassen zu diesem Zwecke zuerst lediglich die periferischen Blüten ins Auge, und untersuchen, wie dieselben sich während der ganzen Blühperiode verhalten. Ich habe deshalb eine einzige Blüte in der Periferie eines Döldchens studiert; es ward diese Blüte, um sie leicht und ohne Versehen jedesmal zurückfinden zu können, markiert mittels eines, um den Blütenstiel gebundenen, Fadens von gefärbter

Seide. Weil dieses bei verschiedenen Dolden geschah, gründen sich meine Folgerungen nicht auf nur einem einzigen bestimmten Falle. In allen beobachteten Fällen zeigte es sich nun, dass die Staubfäden schon anfangen sich zu strecken, bevor die Blumenkrone sich entfaltet hat. Sie strecken sich zwischen die Blumenblätter hindurch, und zwar in der Reihenfolge: 1, 3, 5, 2, 4, in Uebereinstimmung mit der Blattstellung $^2/_5$. In derselben Reihenfolge verläuft auch das Aufgehen der Antheren und das Hervortreten der Pollenkörner. Während des Stäubens einer Anthere steht der Staubfaden aufrecht, oder ist er noch ein wenig nach innen gekrümmt. Nachher, wenn die Anthere entleert ist, streckt sich der Staubfaden weiter bis er radspeichenartig ausgespreizt steht; meistens aber fällt das ganze Staubblatt sogleich nach dem Stäuben hinunter. Das Strecken des Staubfadens hat zur Folge, dass die Anthere nahezu 180° gegen die ursprüngliche Knospenlage umgewälzt wird.

Im Verlaufe von *zwei Tagen* haben die fünf Antheren sich nacheinander entleert. Die Blumenkrone hat sich während des *zweiten* Tages vollständig entfaltet. Am 3. Tage fallen alle Staubblätter ab, meistens ganz und gar, zuweilen aber nur die Antheren.

Während dieser ganzen Zeit liegen die Griffel, die sich noch nicht zu ihrer vollen Grösse entwickelt haben, noch kreuzweise platt nieder auf den Griffelpolstern *(Fig. 2 pag. 177)*. In diesem Stadium gibt es noch keine deutlich ausgebildete Narben (cf. auch *Tafel X, Fig. 4*).

Erst nach dem Abfallen der Staubblätter oder der Antheren fangen die Griffel sich allmählich auf zu richten an. Sie wachsen nun, indem sie sich zuerst aufrecht stellen und nachher mehr und mehr mit den Spitzen auseinanderweichen, so dass sie nun einen allmählich grösser werdenden Winkel bilden (*Fig. 3, pag. 177*). Erst am 6. oder 7. Tage ist dieser Winkel ungefähr 30°, und schwellen

zudem die Griffelspitzen ein wenig auf zu deutlich kugelförmigen Narben, die feucht sind. (Nur in einem einzigen Falle beobachtete ich ein etwas früheres Auseinanderweichen der Griffel, nähmlich schon am 5. Tage). Erst jetzt sind die Narben fähig geworden zum Festhalten der Pollenkörner und dadurch zur Einleitung der Befruchtung (*Tafel X, Fig. 3* u. *4*).

Aus diesen Tatsachen können wir also mit ziemlich grosser Gewissheit schliessen, dass in diesen Blüten keine *Autogamie* stattfinden kan. Selbstbefruchtung würde hier allein dann möglich sein, wenn zufällig auf den unreifen Narben gefallene Pollenkörner dort liegen bleiben könnten bis zum reif werden der Narben; es ist dieses aber nicht wahrscheinlich. Im unten Folgenden werde ich hierauf noch zurückkommen.

Wir werden nun unsere Aufmerksamkeit richten auf diejenigen Blüten, welche sich in der Mitte des Döldchens befinden, und von denen schon oben gesagt wurde, dass sie sich erst später öffnen. Sie entfalten sich *zwei*, zuweilen *drei* Tage später als die periferischen Blüten; diesem gegenüber vollzieht sich aber das Strecken und reif werden der Staubblätter in etwas kürzerer Zeit; zuweilen sogar in *einem* Tage. Jedenfalls sind auch hier schon am 3. Tage des Erblühens, dann und wann schon am 2. Tage, alle Staubblätter verschwunden.

Die Griffel verhalten sich hier gleicherweise, wie bei den periferischen Blüten. Wenn die Staubblätter noch anwesend sind, liegen die Griffel noch unausgebildet kreuzweise nebeneinander, und erst *ein* Tag, zuweilen *zwei* Tage nach dem Abfallen der Staubblätter weichen die Griffel auseinander und zeigen sie reife Narben. Mit demselben Rechte können wir also auch von diesen Blüten behaupten, dass *Autogamie* nicht stattfinden wird.

Nachdem wir jetzt also die Reihenfolge in der Entwicklung der Geschlechtsorganen von je zentralen und peri-

ferischen Blüten kennen gelernt haben, bleibt uns noch übrig, jene beiden Gruppen in ihrer gegenseitigen Beziehung zu betrachten und zu versuchen, auf die Frage, wie die Blüten eines selben Döldchens sich zu einander verhalten, eine Antwort zu geben. Können beim Kümmel tatsächlich die reifen Narben der periferischen Blüten bestäubt werden durch die Antheren der weiter in der Mitte des Döldchens stehenden Blüten, so wie Burck als allgemein vorkommend angab? Mit anderen Worten, wird hier *Geitonogamie* stattfinden in einem selben Döldchen und also, weil die Döldchen gleichzeitig blühen, in einer ganzen Dolde?

Die Antwort ist verneinend. Im Untenstehenden werden wir sehen, dass hier von einem, nach der Meinung Hermann Müller's bei den Umbelliferen oft vorkommendem Falle die Rede ist.

In allen denjenigen Fällen, die ich genau wahrgenommen habe, fand ich, dass, obwohl die zentralen Blüten 2 bis 3 Tage später aufblühen als die periferischen, doch immer alle Staubblätter desselben Döldchens verschwunden sind, wenn die aüssersten Blumen in das weibliche Stadium treten. Es ist dieses die Folge des verschiedenen Grades der Proterandrie; die periferischen Blumen sind sehr stark proterandrisch; bei den zentralen Blüten ist dieses Merkmal aber weniger stark ausgesprochen; man könnte auch sagen, dass die letztgenannten Blüten *schneller* blühen. (Vergl. *Tafel X, Fig. 2* u. *3*).

Ich kann hier noch hinzufügen, dass dieses schnellere Tempo des Blühens sich nicht allein bezieht auf die Stäubungsperiode der Staubblätter, aber dass die Beobachtungen lehren, dass auch die Ausbildung der weiblichen Geschlechtsorgane in kürzerer Zeit stattfindet. Es stellt sich heraus, dass die periferischen sowie die zentralen Blüten nahezu gleichzeitig ihre Narben zur Reifheit kommen lassen, und infolgedessen alle Blüten einer Dolde sich zu

gleicher Zeit im weiblichen Stadium befinden. Zwar findet man oft die Narben der periferischen Blüten etwas früher reif als bei den zentralen, aber der Unterschied ist nur unbedeutend, keinesfalls mehr als *ein* Tag. Und weil zudem das Stadium der Anschwellung und Nektarabsonderung der Narben einige Tage anhält, darf man mit Recht von einem weiblichen Stadium der Döldchen reden.

Es bezog sich das eben mitgeteilte zwar nur auf die Hauptachsendolde; für die Dolden der Seitenäste, also für die Dolden höherer Ordnung gilt aber eben dasselbe. Es muss hier aber etwas hinzugefügt werden; wir müssen nämlich noch untersuchen, wie es sich verhält mit jenen Blüten, die durch Abortus des Fruchtknotens *männlich* geworden sind. Diese eingeschlechtigen Blüten, die in den Hauptachsendolden oft vollständig fehlen, werden in den übrigen Dolden regelmässig angetroffen, und zwar um so häufiger, je nachdem die Dolden einer höheren Ordnung sind. Sie stehen immer im Zentrum des Döldchens.

Es dünkt mich wahrscheinlich, dass die Anzahl der eingeschlechtigen Blüten mehr oder weniger abhängig ist vom Ernährungszustande der Pflanzen. Bei schlecht ernährten Pflanzen trifft man überhaupt verhältnismässig mehr männliche Blüten an, als bei in günstigen Verhältnissen befindlichen. Einige Beispiele des Zahlenverhältnisses der zwei- und eingeschlechtigen Blüten mögen hier folgen.

1. Eine kräftige Pflanze, aus einem Kümmelfelde der Grosskultur besass:

in der ganzen Hauptachsendolde nur 1 ♂ Blüte;
„ einem Döldchen einer Dolde 1er Ordnung 15 ☿ + 10 ♂;
„ „ „ „ „ höherer Ordnung 14 ☿ + 10 ♂;
„ „ „ „ noch jüngeren Dolde 6 ☿ + 8 ♂.

2. Eine wildwachsende, dürftige Pflanze, die ohne Zweifel schlecht ernährt war und zudem kürzlich vor dem Blühen verpflanzt worden war, besass:

in den ältesten Dolden fast keine ♂ Blüten;

in allen jüngeren Dolden aber fast ausschliesslich ♂ Blüten, und nur eine einzige ☿ dazwischen [1]).

Die eingeschlechtigen Blüten nun blühen noch schneller ab, als die oben besprochenen zentralen zweigeschlechtigen. Sie entfalten sich zwar 1 bis gut 2 Tage später, das Reifen der Staubblätter jedoch dauert zudem etwas kürzer: meistens verläuft dieses in *einem*, höchstens in *anderthalbem* Tage. Es ist eben eine Folge dieses schnellen Blühens, dass auch von diesen Blumen die Staubblätter verschwunden sind, bevor in den periferischen Blüten desselben Döldchens die Narben zur Reifheit gekommen sind.

Zur Erläuterung des oben Besprochenen möchte ich nun einige Beobachtungen mitteilen, wodurch man zudem eine Uebersicht bekommen kann der Reihenfolge beim Blühen der verschiedenen Blüten eines Döldchens.

In erster Linie zwei Beispiele des Blühens in Hauptachsendolden; und dam ein paar Beispiele von Dolden höherer Ordnung, in denen auch eingeschlechtige, männliche Blüten vorkommen.

Es werden in einer Tabelle jedesmal bestimmte Blüten eines einzigen Döldchens während mehrerer Tage mit einander verglichen. Die Blüten werden, je nach ihrer Stelle im Döldchen, in all den Tabellen mit den Buchstaben *a*, *b* und *c* angedeutet, und zwar:

a = eine zweigeschlechtige Blüte in der Periferie des Döldchens.
b = „ „ „ „ „ Mitte „ „
c = „ männliche „ „ „ „ „ „

---

[1]) Auch Burck ist der Ansicht, dass bei den Umbelliferen das Auftreten eingeschlechtiger Blüten in Folge der Abortierung des Fruchtknotens, durch schlechte Ernährung begünstigt wird. (Burck. Over planten, die in de vrije natuur het karakter dragen van tusschenrassen in den zin van de Mutatietheorie. Verslagen Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam. 1906, pag. 769).

1⁰. Döldchen einer Hauptachsendolde.

Datum.	Blüte *a*, ☿.	Blüte *b*, ☿.
10 Juni, 4 p. m.	Krone fängt an sich zu entfalten, ist aber noch eingerollt; 1 reife, stäubende Anthere, 4 noch unreif.	jüngste Blüte; geschlossen und grünlich.
11 Juni, 11 a. m.	Krone offen; 1 Staubblatt abgefallen, 4 reif; Griffel kreuzweise liegend.	noch geschlossen.
12 Juni, 1.30 p. m.	alle Staubblätter abgefallen; Griffel kreuzweise liegend; Discus noch trocken.	noch geschlossen.
13 Juni, 10 a. m.	wie am vorigen Tage.	Krone halb geöffnet; Staubblätter noch halb verborgen; Griffel kreuzweise liegend.
14 Juni, 4 p. m.	Griffel stärker, aufrecht stehend; Discus grösser, noch trocken.	ganz offen; 3 Staubbl. abgefallen, 2 reif; Griffel klein, kreuzweise liegend; Discus trocken.

15 Juni, 12 M.	Griffel kräftig und auseinandergebogen, *einen Winkel von 30° bildend; Narben feucht;* Discus feucht.	*alle Staubblätter abgefallen;* Griffel kräftig und auseinandergebogen wie in *a*; Narben feucht.
16 Juni, 12 M.	2 Blumenblätter abgefallen; Griffel wie am vorigen Tage; Narben feucht; Discus trocken.	Griffel wie in *a*; Narben feucht, Discus trocken.
17 Juni, 11.30 a. m.	4 Blumenblätter abgefallen; Griffel bilden einen Winkel von 90°; Narben und Discus trocken.	4 Blumenblätter abgefallen; Griffel wie in *a*; Narben und Discus trocken.
18 Juni, 10 a. m.	alle Blumenblätter abgefallen; Griffel bilden einen Winkel von 140°; Narben kugelig und feucht; Discus trocken.	alle Blumenblätter abgefallen; Griffel bilden einen Winkel von 70°; Narben kugelig und feucht; Discus trocken.
20 Juni, 10 a. m.	Griffel bilden einen Winkel von 150°; übrigens wie am 18. Juni.	Griffel bilden einen Winkel von 130°; übrigens wie am 18. Juni.
22 Juni, 10.30 a. m.	Griffel horizontal liegend, dünn; Narben geschrumpft; Discus trocken.	Griffel bilden einen Winkel von 140°, dünn; Narben geschrumpft, Discus trocken.
24 Juni, 10.30 a. m.	Narben fast unsichtbar geworden.	Griffel bilden noch einen Winkel von 145°; Narben fast unsichtbar geworden.

2⁰. Döldchen einer Hauptachsendolde.

Datum.	Blüte *a*, ☿.	Blüte *b*, ☿.
10 Juni, 4 p. m.	Krone fängt an sich zu entfalten; 1 Anthere reif, 4 unreif.	vollständig geschlossen, grünlich.
11 Juni, 11 a. m.	Krone völlig offen; 1 Staubblatt abgefallen, 4 reif.	Krone noch geschlossen; Griffel sichtbar, noch kreuzweise liegend.
12 Juni, 1.45 p. m.	alle Staubblätter abgefallen; Griffel kreuzweise liegend; Discus trocken.	wie am vorigen Tage.
13 Juni, 9.45 a. m.	Griffel ein wenig gewachsen, aber noch kreuzweize liegend.	Krone halb offen; Staubblätter noch einwärts gebogen, unreif; Griffel wie am vorigen Tage.
14 Juni, 3.45 p. m.	Griffel etwas kräftiger; mehr aufgerichtet, aber noch gekreuzt; Discus grösser geworden.	2 Blumenblätter abgefallen; *alle Staubblätter abgefallen;* Griffel gewachsen, noch kreuzweise; Discus etwas angeschwollen.

[illegible]	Griffel bilden einen Winkel von 90°; Narben feucht.	3 Blumenblätter abgefallen; Griffel mehr aufgerichtet, aber noch kreuzweise.
16 Juni, 3 p. m.	3 Blumenblätter abgefallen; Griffel etwas weiter auseinander gebogen; Narben feucht.	Griffel etwas weiter auseinander als am vorigen Tage.
17 Juni, 11.45 a. m.	alle Blumenblätter abgefallen; Griffel bilden einen Winkel von 60°; Narben und Discus trocken.	alle Blumenblätter abgefallen; Griffel bilden einen Winkel von 70°; Narben feucht; Discus trocken.
18 Juni, 10 a. m.	Griffel mehr als 90° auseinander; Narben kugelförmig, feucht; Discus trocken.	Griffel mehr als 90° auseinander; Narben und Discus trocken.
20 Juni, 10.30 a. m.	Griffel 150° auseinandergewichen, rötlich gefärbt; Narben feucht; Discus trocken.	wie *a*.
22 Juni, 11.30 a. m.	Griffel horizontal auseinander stehend, blassrötlich; Narben ein wenig eingeschrumpft; Discus trocken.	wie *a*.
24 Juni, 10.30 a. m.	Griffel horizontal, rot; Narben eingeschrumpft; Discus trocken.	wie *a*.

3'. Döldchen einer Dolde der 1. Ordnung.

Datum.	Blüte *a*, ☿.	Blüte *b*, ☿.	Blüte *c*, ♂.
10 Juni, 4 p. m.	Krone noch nicht völlig offen; 1 Anthere reif, 4 unreif.	geschlossen, weiss.	geschlossen, grünlich.
11 Juni, 11 a. m.	Krone völlig offen; 1 Staubblatt abgefallen, 4 reif; Griffel noch kreuzweise.	Krone noch nicht völlig offen; 1 Anthere reif, 4 unreif; Griffel noch kreuzweize.	geschlossen; Griffel sichtbar, noch kreuzweise.
12 Juni, 2 p. m.	alle Staubblätter abgefallen; Griffel noch gekreuzt; Discus trocken.	2 Staubblätter abgefallen; 3 mit schon leeren Antheren; Griffel noch kreuzweise; Discus trocken.	Geschlossen; Antheren zwischen den Kronenblättern sichtbar.
13 Juni, 9.45 a. m.	Griffel etwas kräftiger, noch kreuzweise.	wie *a*.	Krone halb geöffnet; Staubblätter unreif, 2 gestreckt, 3 noch einwärts gebogen; Griffel kreuzweise.
14 Juni, 4 p. m.	Griffel kräftiger, aufrecht stehend; Discus grösser, trocken.	wie *a*.	Krone offen; *alle Staubblätter abgefallen*; Griffel etwas gewachsen, noch gekreuzt; Discus trocken.

	Winkel von 30°; Narben feucht; Discus trocken.	len; übrigens wie *a*.	auseinandergebogen als bei *a* und *b*, auch etwas kürzer; Narben feucht; Discus trocken.
16 Juni, 3 p. m.	4 Blumenblätter abgefallen; Griffel bilden einen Winkel von 70°; übrigens wie am vorigen Tage.	3 Blumenblätter abgefallen; übrigens wie *a*.	4 Blumenblätter abgefallen; Griffel, Narben und Discus wie in *a* und *b*.
17 Juni, 11.45 a. m.	Blumenblätter abgefallen; Griffel 70° auseinandergebogen; Narben trocken; Discus trocken.	wie *a*.	wie *a* und *b*.
18 Juni, 10 a. m.	Griffel etwa 130° auseinandergewichen; Narben und Discus trocken.	Griffel bilden einen Winkel von 90°; Narben feucht; Discus trocken.	wie *b*.
20 Juni, 10.30 a. m.	Griffel horizontal liegend, rötlich gefärbt; Narben feucht; Discus trocken.	Griffel bilden einen Winkel von 120°; Narben feucht; Discus trocken.	Griffel bilden einen Winkel von 120°; rötlich; Narben geschrumpft; Discus trocken.
22 Juni, 11.30 a. m.	Griffel liegen platt nieder auf dem Discus, blassrötlich; Narben noch kugelförmig, trocken; Discus trocken.	Griffel bilden einen Winkel von 140°, rötlich; Narben kugelförmig, trocken; Discus trocken.	Griffel bilden einen Winkel von 140°, rötlich; übrigens wie am vorigen Tage.

4⁰. Döldchen einer Dolde der 1. Ordnung.

Datum.	Blute *a*, ☿.	Blüte *b*, ☿.	Blüte *c*, ♂.
24 Juni, 3.30 p. m.	Krone fast völlig offen; 1 Anthere leer, Staubfaden gestreckt; 1 Anthere stäubend über dem Discus hangend, 3 unreif; Griffel kreuzweise liegend.	geschlossen, weiss; Griffel sichtbar, kreuzweise liegend.	geschlossen, grünlich.
25 Juni, 10 a. m.	Krone völlig offen; 3 Antheren leer, 1 stäubend über dem Discus hangend, 1 unreif; Griffel gekreuzt; Discus ein wenig feucht.	wie am vorigen Tage.	wie am vorigen Tage.
27 Juni, 11.30 a. m.	alle Staubblätter abgefallen; Griffel gekreuzt; Discus feucht.	Krone halb offen; 1 Anthere stäubend über dem Discus hangend, 4 unreif; Griffel gekreuzt; Discus ein wenig feucht.	noch geschlossen, aber weiss geworden.
28 Juni, 3.30 p. m.	Griffel etwas kräftiger, noch gekreuzt; Discus trocken.	Krone vollständig offen; 1 Staubblatt abgefallen, 4 mit leeren Antheren; Griffel gekreuzt; Discus feucht.	Antheren zwischen den Kronenblättern sichtbar werdend.
29 Juni, 11.30 a. m.	1 Blumenblatt abgefallen; Griffel etwas kräftiger, noch gekreuzt; Discus ein wenig feucht.	alle Staubblätter abgefallen; Griffel noch gekreuzt; Discus sehr feucht.	Krone fast offen; Antheren kommen hervor.

	nahe aufrecht stehend, nur die Spitzen noch gekreuzt; Narben kugelförmig; Discus trocken.	gekreuzt; Discus ein wenig feucht.	leer, 4 stäubend, deren 3 über dem Discus hangen; Griffel sehr klein, und gekreuzt; Discus feucht.
1 Juli, 11.30 a. m.	Griffel bilden einen Winkel von 30°; Narben angeschwollen, feucht; Discus sehr feucht.	Griffel und Narben wie in *a*; Discus sehr feucht.	*alle Staubblätter abgefallen;* Griffel etwas aufgerichtet, noch gekreuzt; 1 Narbe feucht; Discus sehr feucht.
2 Juli, 2 p. m.	4 Blumenblätter abgefallen; Griffel 60° auseinandergebogen; Narben rund und feucht; Discus sehr feucht.	Griffel 60° auseindergebogen; Narben rund und feucht; Discus sehr feucht.	Griffel 60° auseinandergebogen; Narben rund und feucht; Discus sehr feucht.
4 Juli, 10.30 a. m.	alle Blumenblätter abgefallen; Griffel und Narben wie am vorigen Tage; Discus trocken.	4 Kronenblätter abgefallen; übrigens wie in *a*.	Blumenblätter abgefallen; Griffel und Narben wie am vorigen Tage; Discus ein wenig feucht.
6 Juli, 10 a. m.	Griffel 100° auseinandergebogen; Narben kugelförmig und feucht; Discus trocken.	wie in *a*.	wie in *a* und *b*.
8 Juli, 2.30 p. m.	Griffel 170° auseinandergebogen, purpurfarbig; Narben geschrumpft; Discus trocken.	wie in *a*.	Griffel 160° auseinandergebogen; Narben kugelförmig und feucht; Discus trocken.

Aus Obigem können wir also sehen, dass auch die männlichen Blüten nicht zu einer *geitonogamischen* Bestäubung Veranlassung geben in der Dolde, zu welcher sie gehören.

Aus den bis jetzt mitgeteilten Beobachtungen können wir mit grosser Wahrscheinlichkeit schliessen, dass die Befruchtung bei der Kümmelpflanze nur zu Stande kommen kann, entweder auf dem Wege von *Geitonogamie* zwischen verschiedenen Dolden derselben Pflanze, oder *xenogamisch* durch von einem anderen Stocke herrührendes Pollen.

Dass unter natürlichen Verhältnissen die Übertragung des Pollens bei den Umbelliferen durch Insekten besorgt wird, ist allgemein bekannt. Der Kümmel macht hierin keine Ausnahme, wie es sich sogleich zeigt, wenn man sich bei sonnigem Wetter in einem Kümmelfelde befindet. Es gibt dann eine Unmenge von Insekten, die die blühenden Dolden besuchen.

Es sind vor allem Insekten mit kurzen Saugorganen und zwar meistenteils zweiflügeligen, die sich an dem Nektar weiden, der durch den Discus abgesondert wird und den kurzrüsseligen Insekten leicht zugänglich ist. Infolge dieses Insektenbesuches wird wohl ebenso oft geitonogamische wie xenogamische Bestäubung stattfinden, denn es ist keineswegs anzunehmen, — die Beobachtung bestätigt dieses auch, — dass die Insekten eine bestimmte Auswahl treffen, und, nachdem sie *eine* Dolde besucht haben, sich mit dem hier gesammelten Pollen eben nach einer *anderen Pflanze* begeben. Im Gegenteil wird es ebenso oft geschehen, dass sie gleich auf eine andere Dolde *derselben Pflanze* übergehen.

Nur im Anfange der Blühzeit sind die Verhältnisse ein wenig anders, weil sodann nahezu ohne Ausnahme nur Hauptachsendolden offen sind, die den Dolden höherer Ordnung meistens weit voraus sind. Indem nun selbstverständlich nicht alle Pflanzen zu gleicher Zeit zu Blühen

anfangen, gibt es in dieser Periode sowohl Hauptachsendolden, die sich im weiblichen Zustande, als solche, die sich im männlichen Zustande befinden. Die Befruchtung dieser Hauptachsendolden — die sich stets als sehr vollständig erweist: alle Blüten werden gewöhnlich befruchtet — muss also auf *xenogamischem* Wege stattfinden [1]).

Es ist zwar in dieser Darstellung, in Beziehung zu den Beobachtungen über die Einzelheiten des Blühens nichts gezwungenes, aber wir müssen doch noch eine Möglichkeit berücksichtigen, auf die ich im vorhergehenden schon hingewiesen habe; nämlich, dass die Blüten befruchtet werden könnten durch Pollen, das auf die eine oder andere Weise auf die noch unreifen Narben geraten und auf denselben liegen geblieben wäre, bis die Narben reif geworden wären. In diesem Falle würde nicht allein Geitonogamie in derselben Dolde, sondern auch *Autogamie* vorkommen müssen, sogar ohne Hilfe von Wind oder Insekten. Denn im letzten Beobachtungssatz, unter 4° habe ich ja mitgeteilt, dass die Antheren zuweilen über dem Discus und den Narben schweben, wenn sie sich öffnen und das Pollen hervortreten lassen. Die Pollenkörner können also leicht

---

[1]) Es ist nicht ausgeschlossen, dass es Ausnahmen von diesem Regel gibt, denn Beketow gibt an (Ueber die Proterandrie der Umbelliferen. Arbeit. St. Petersburger Naturf. Ver., Abt. Bot. XX, 1890) dass bei Carum Carvi L. die Hauptachsendolde sich im weiblichen Zustande befindet, wenn die Blüten der Dolden der Seitenäste im männlichen Stadium verkehren. Man soll aber im Auge behalten, dass man sich in dieser Hinsicht leicht täuschen kann, denn zur Zeit des Aufblühens der Dolden erster Ordnung sehen die Narben der Hauptachsendolde zwar häufig noch ganz frisch aus, und macht diese Hauptachsendolde infolgedessen den Eindruck, im weiblichen Stadium zu verkehren; dennoch hat, nach meinen eigenen Beobachtungen, die Befruchtung offenbar schon vorher stattgefunden, wie sich ergibt aus der Tatsache, dass die Fruchtknoten schon erheblich gewachsen sind. Der sogenannte weibliche Zustand ist schon längst vorüber, und das Pollen der Seitendolden kommt zu spät.

auf die Narben fallen, und tatsächlich kann man dieses auch häufig wahrnehmen. Wenn die Blüte in diesem Stadium von einem Insekt besucht wird, so ist es selbstverständlich so gut wie unumgänglich, dass das Pollen mit den Narben in Berührung gebracht wird.

Es versteht sich von selbst, dass es nicht ohne Bedeutung ist, um dieses näher zu untersuchen, nicht nur um die Kenntnis dieser Pflanze vollständiger zu machen, sondern auch in praktischen Erwägungen. Denn es ist ja klar, dass es, rücksichtlich einer Veredelung, wenn man z. B. gewisse Stämme oder Reine Linien zu isolieren versucht, notwendig ist um zu wissen, ob die Pflanze völlig dem Willküre von Insekten preisgegeben ist, oder ob sie sich auch selbst, ohne fremde Hilfe, bestäuben kann. Die beim Weiterzüchten eines bestimmten Stammes zu treffenden Massnahmen sind hiervon völlig abhängig.

Ich habe deshalb einige Bestäubungsversuche angestellt, die hierunten mitgeteilt werden.

Bei allen jenen Versuchen wurden die Blüten gegen Insektenbesuch geschützt, durch Einschliessung in feinem, über einem Eisendrahtgerüste gespanntem Nesseltuche. Das Nesseltuch bildete auf diese Weise eine zylinderförmige Hülle, weiterhin mit dem Namen „Nesseltuchhülle" angedeutet.

Es zeigte sich schon bald, dass beim Einschliessen der Dolden in der Nesseltuchhülle besondere Vorsicht beachtet werden musste, damit keine kleine Insekten mit eingeschlossen würden; zudem musste Rücksicht genommen werden auf ein eventuelles Eindringen von Ameisen. Es wurde deshalb an jener Stelle, wo das Nesseltuch um den Doldenstiel festgebunden werden musste, zuvor ein Wattebausch gelegt, und dann darüber das Tuch festgebunden. Hierdurch wurde es möglich, das Tuch sehr fest um den Doldenstiel zu binden, ohne denselben zu schädigen; und zudem wurde nun durch die Watte auch den Ameisen

und Blattläusen, welche häufig über die Pflanze umherstreifen, der Zugang zur eingeschlossenen Dolde gesperrt.

Das Nesseltuch war so dünn, dass die einzelnen Blüten der eingeschlossenen Dolde leicht, sogar mittels einer Lupe, beobachtet werden konnten. Wenn es notwendig war, Blüten zu kastrieren oder künstlich zu bestäuben, so wurde das Nesseltuch oben gelöst und niedergestreift und später, nachdem die Blüten fertig waren, wieder um einen Wattebausch hin zugebunden.

Diese Einschlussweise ist sehr befriedigend und beeinträchtigt gar nicht die weitere Entwickelung der Dolde. Licht und Luft haben ungestörten Zutritt und die Blüten bleiben sichtbar, sodass eine fortwährende Kontrolle möglich ist.

Weite Glasröhren, die ich erst zum Einschliessen benutzte, boten auch zwar den Vorteil des Sichtbarbleibens der Blüten bei vollkommen sicherem Ausschluss von Insekten, wirkten aber dadurch schädlich, weil sie nicht gut durchlüftet werden konnten, und infolgedessen bald die Ursache wurden vom feucht werden und verfaulen der eingeschlossenen Pflanzenteile.

Dass nun *Autogamie* bei dieser Pflanze keine Rolle spielen kann, wurde bewiesen durch die folgenden drei Versuche.

1. Am 26. Mai wurde eine Dolde, deren Blüten alle noch geschlossen waren, in einer Nesseltuchhülle eingeschlossen.

Als am 28. Mai die periferen Blüten der Döldchen aufgeblüht waren, und reife Antheren trugen, wurden die noch geschlossenen Blüten entfernt, und dann die offenen Blüten wiederum eingeschlossen und weiter sich selbst übergelassen.

In den letzten Tagen von Juni zeigte es sich, dass nur jene 2 Fruchtknoten sich weiter entwickelten, die zeitweilig

mit dem Tuche der Nesseltuchhülle in Berührung gewesen waren, weshalb die Möglichkeit nicht ausgeschlossen ist, dass die Befruchtung durch ein Insekt zu Stande gebracht war. Es könnte sich auch wohl Pollen am Nesseltuch festgeklebt haben und auf diese Weise einige Tage später auf die längsstreichenden Narben geraten sein. Jedenfalls dürfen wir diese beiden Blüten ausser Betracht lassen, weil sie nichts beweisen.

2. Am selben Tage wie beim vorigen Versuche, am 26. Mai, wurde eine zweite Dolde mit noch geschlossenen Blumen in einer Nesseltuchhülle eingeschlossen.

Am 30. Mai waren die periferen Blüten der Döldchen aufgeblüht und hatten sie reifes Pollen; die übrigen Blüten waren noch geschlossen. Am folgenden Tage wurden alle diejenigen Blüten, die reife Antheren trugen, kastriert, und die Narben der noch kreuzweise liegenden Griffel, mit Pollen aus der eigenen Blüte bestrichen. Darauf wurde die Dolde wieder eingeschlossen und sich selbst übergelassen. Erst 4 Tage später waren die Griffel ein wenig auseinandergewichen und die Narben reif.

Es entwickelte sich nur *eine* Frucht, die am 15. Juli reif war und nur 1 normales Teilfrüchtchen darbot.

Die übrigen Fruchtknoten waren alle in ihrer Entwickelung stehen geblieben und geschrumpft. Auch hier, ebenso wie im vorigen Versuche, war eben diejenige Blüte befruchtet, die mit dem Nesseltuche in Berührung gewesen war.

3. Der letzterwähnte Versuch wurde wiederholt, aber mit grösseren Vorsichtsmassregeln. Am 9. Juni wurde eine Dolde mit noch geschlossenen Blüten, in einer Nesseltuchhülle eingeschlossen.

Am 10. Juni waren die Antheren der periferen Blüten der Döldchen reif. Es wurden nun 12 von diesen Blüten kastriert und das Pollen einer jeden Blüte auf den eigenen

Narben der noch kreuzweise liegenden Griffel abgestrichen. Die übrigen Blüten wurden alle entfernt. Darauf wurde die Dolde wieder eingeschlossen und sich selbst übergelassen.

Nach einiger Zeit zeigte es sich, dass keine einzige Blüte befruchtet worden war; alle Fruchtknoten waren in ihrer Entwickelung stehen geblieben. Nach 5 Wochen wurde der Versuch als beendigt betrachtet, weil die Fruchtknoten unverändert geblieben waren.

Man könnte nun noch die Beweiskraft dieser Versuche bezweifeln, weil die Möglichkeit nicht ausgeschlossen ist, dass das Pollen steril ist, oder wenigstens unwirksam auf den Narben der eigenen Blüte [1]); deshalb habe ich die oben beschriebene Versuchsreihe ergänzt mit einer Untersuchung des Pollens, und zwar auf die folgende Weise.

Am 2. Juni wurde eine Hauptachsendolde, deren Blüten noch alle geschlossen waren, in einer Nesseltuchhülle eingeschlossen.

Am folgendem Tage waren die periferen Blüten offen und zeigten sie schon reifes Pollen. Es wurden nun 7 der

---

[1]) Drude bemerkt in seiner Arbeit: *Umbelliferae*, l. c. pag. 90: „Rein ♀ Blüten kommen hier nicht vor, doch ist es fraglich, ob nicht die Staubblätter der ☿ Bluten häufig castrierte Pollenkörner haben."

Beim Kümmel kommen aber häufig weibliche Blüten vor, infolge von Obliteration der Antheren. Sowohl bei kultivierten, wie bei wildwachsenden Pflanzen fand ich Individuen, die anfangs gar kein Pollen hervorbrachten. Allein in den jüngsten Dolden, gegen das Ende der Blühzeit, taten sich zuweilen noch normale Antheren auf. Die tauben Antheren sind leicht zu erkennen durch ihr wachsartiges Aussehen.

Es stellte sich mir auch heraus, dass die ♀ Pflanzen gar nicht die dürftigsten sind, sowie der Fall ist bei denjenigen Pflanzen, wo das Ovarium der meisten Dolden obliteriert. Die ♀ Pflanzen gehören meistens sogar zu den grösseren Exemplaren.

Den Fall: Hauptachsendolde durch Obliteration weiblich, und dabei all die übrigen Dolden zwitterig, wie Warnstorf, (Blütenbiologische Beobachtungen in der Ruppiner Flora im Jahre 1893, Zeitschr. d. Naturwiss. Ver. d. Harzes, XI, 1896), von *Carum Carvi* L. mitteilt, habe ich niemals angetroffen.

geöffneten Blüten, mittels eines lose um den Blütenstiel gebundenen Fädchens von gefärbter Seide markiert, damit jede Blüte später wiedergefunden werden könnte. Die eine Blüte wurde mit einem weissen Fädchen markiert, eine zweite mit einem gelben, u. s. w.; alle die 7 Blüten mit ungleichen Farben. Von jeder Blüte wurden nun die Antheren mit reifem Pollen gesammelt und je in einem kleinen Glasröhrchen aufbewahrt. Das Glasröhrchen wurde mit derselben Farbe gezeichnet wie die betreffende Blüte.

De meisten übrigen Blüten wurden entfernt.

Darauf wurde die Dolde wieder in der Nesseltuchhülle eingeschlossen. Drei Tage später, als die Griffel der markierten Blüten einen Winkel von ungefähr 30° bildeten und die Narben feucht wurden, wurde jede Blüte mit ihrem eigenen, im Glasröhrchen aufbewahrten, Pollen bestäubt. Dieses geschah mittels eines dünnen Glasstäbchens, mit dem das Pollen auf den Narben abgestrichen wurde. Bevor eine folgende Blüte bestäubt wurde, ward das Glasstäbchen sorgfältig mit starkem Alkohol gereinigt.

Nach der Bestäubung der 7 markierten Blüten, wurde die Dolde wiederum eingeschlossen und weiter sichselbst übergelassen.

Es ergab sich nun, dass alle 7 Blüten befruchtet worden waren. Am 15. Juli wurde der Versuch beendigt, und konnte ich 13 reife Teilfrüchtchen ernten; bei nur einer einzigen Blüte war die eine Fruchthälfte fehlgeschlagen. Die Mericarpien waren vollkommen normal.

Von jenen Blüten, welche nicht künstlich bestäubt worden waren, hatte sich keine einzige weiter entwickelt.

Hierdurch ist also der Beweis geliefert, dass das Pollen der zweigeschlechtigen Blüten vollkommen normal ist und dass das Ausbleiben der Befruchtung von eingeschlossenen und sichselbst übergelassenen Blüten die Folge ist von der Proterandrie.

Was die *geitonogamische* Bestäubung betrifft, habe ich

auch experimentell untersucht, ob fremde Hilfe unentbehrlich ist. Dabei habe ich zwei Fälle von *Geitonogamie* unterschieden, nämlich:

a. Bestäubung zwischen den Blüten einer einzigen Dolde; zwar ist diese Bestäubungsweise, nach dem vorher Mitgeteilten, als sehr unwahrscheinlich zu betrachten, aber es kam mir erwünscht vor, dieses durch einen Versuch zu bestätigen.

b. Bestäubung zwischen zwei Dolden, die nicht gleich alt sind.

Dass nun keine Bestäubung stattfindet zwischen den Blüten einer einzigen Dolde, ergab sich aus folgendem Versuche:

Am 1. Juni wurde eine Dolde mit noch geschlossenen Blüten in einer Nesseltuchhülle eingeschlossen und weiter sichselbst übergelassen. Das Blühen hatte einen normalen Verlauf, jedoch ohne dass eine einzige Blüte befruchtet wurde. Am 15. Juli wurde der Versuch beendigt: alle Fruchtknoten waren klein geblieben und schiesslich geschrumpft.

Um den zweiten Fall, — Geitonogamie zwischen verschiedenen Dolden —, zu prüfen, wurden am 26. Mai 2 Dolden, beide noch geschlossen, in einer Nesseltuchhülle eingeschlossen. Diese Dolden waren von verschiedenem Alter; die jüngste wurde oberhalb der anderen in der Nesseltuchhülle gestellt; auf diese Weise war es möglich, dass Pollen der jüngsten Dolde auf die Narben der ältesten herunterfiel, wenn die letztere im weiblichen Zustande verkehrte.

Die beiden Dolden blühten normal; infolge ihres Altersunterschiedes trafen das männliche Stadium der jüngeren Dolde und das weibliche der älteren gut zusammen.

Am 15. Juli wurde der Versuch beendigt und lieferte die ältere Dolde 10 reife, normale Mericarpien aus 7 Blüten. Die jüngere Dolde hatte nur 3 normale Mericarpien aus 3 verschiedenen Blüten hervorgebracht.

Drei andere, auf dieselbe Weise ausgeführte Versuche lieferten das folgende Ergebnis:

1°. ältere Dolde: 7 reife Mericarpien aus 4 Blüten.
jüngere „ keine reife Mericarpien.
2°. ältere Dolde: 8 reife Mericarpien aus 6 Blüten.
jüngere „ 2 „ „ „ 2 „
3°. ältere Dolde: 11 „ „ „ 11 „
jüngere „ 2 „ „ „ 1 Blüte.

Die Befruchtung einiger Blüten der jüngeren Dolden ist auch hier wiederum zurückzuführen auf die Tatsache, dass diese Dolden, infolge ihres Wachstums nach dem Einschliessen in der Nesseltuchhülle, mit dem Tuche in Berührung kamen.

Aus den letzten vier Versuchen ergibt sich aber genügend, dass *Geitonogamie* zwischen den Dolden sehr ungewiss ist, wenn fremde Hilfe ausgeschlossen ist.

Wenn man also eine bestimmte Kümmelpflanze, bei Verhütung von Xenogamie, fortzüchten will, so muss man seine Zuflucht nehmen zu *künstlicher* Autogamie (oder Geitonogamie).

Es wurde im Vorhergehenden, bei der künstlichen Bestäubung, stets Pollen aus normalen zweigeschlechtigen Blüten benutzt; hinsichtlich des Wertes von Pollen aus den eingeschlechtigen, rein männlichen, Blüten haben wir bisjetzt aber noch nichts erfahren. Dennoch ist es ohne Zweifel der Mühe wert, auch diese Blüten in dieser Hinsicht näher zu untersuchen, weil es gar nicht undenkbar ist, dass der Obliterationsprozess, — wie das eingeschlechtig werden von vielen zentralen Blüten, vor allem der späteren Döldchen, zweifelsohne aufzufassen ist — sich auch zum *Pollen* dieser Blüten erstrecke; es würde in solchem Falle ein grosser Teil des, während der letzten Blühzeit der Pflanze hervorgebrachten Pollens wertlos sein.

In der folgenden Weise habe ich deshalb das Pollen der eingeschlechtigen mit demselben der zweigeschlechtigen Blüten verglichen.

Am 26. Mai wurden 2 Dolden, deren Blüten noch

geschlossen waren, in je einer Nesseltuchhülle eingeschlossen. Am 28. Mei öffneten sich die periferen Blüten der einen Dolde; die offenen Blüten wurden entfernt, und von den übrigen, noch geschlossenen Blüten 27 kastriert; danach alle übrigen Blüten entfernt und die Dolde wieder eingeschlossen.

Von der anderen Dolde, die zwar noch nicht ganz soweit fortgeschritten war, aber doch schon beinahe geöffnete perifere Blüten zeigte, wurden 39 Blüten kastriert, alle übrigen entfernt und die Dolde wieder eingeschlossen.

Am 2. Juni waren die Narben der ersten Dolde reif; sie wurden nun bestäubt mit Pollen von männlichen Blüten aus einer Dolde einer anderen Pflanze, welche auch durch eine Nesseltuchhülle gegen Insektenbesuch geschützt war, so dass ich vollkommene Sicherheit hatte, dass das benutzte Pollen rein war. Die bestäubten Blüten wurden selbstverständlich wieder in der Nesseltuchhülle eingeschlossen und weiter sichselbst übergelassen.

Am folgenden Tage, als die zweite Dolde reife Narben zeigte, wurden deren Blüten, mit denselben Vorsichtsmassregeln, bestäubt mit reinem Pollen, aus *zweigeschlechtigen* Blüten einer anderen Pflanze; darauf wurde die Dolde wieder eingeschlossen und sich selbst übergelassen.

Das Ergebnis war, dass am 15. Juli von der ersten Dolde 33 normale reife Mericarpien aus 19 Blüten geërntet werden konnten; die zweite Dolde lieferte 58 normale reife Mericarpien aus 34 Blüten.

Wir haben also keine Veranlassung, einen Wertunterschied des Pollens eingeschlechtiger und zweigeschlechtiger Blüten anzunehmen.

Die bei allen diesen Bestäubungsversuchen entstandenen Samen waren gut keimfähig; es konnte kein Unterschied beobachtet werden, der auf ein verschiedenes Entstehen, nämlich durch Autogamie, Geitonogamie oder Xenogamie hinweisen könnte.

— —

IV. KAPITEL.

Das ätherische Kümmelöl.

§ 1. *Gewinnung des ätherischen Öls und die Bestandteile desselben.*

Bevor ich meine Untersuchungen über den Ölgehalt der Kümmelfrüchte mitteile, die teils unternommen worden sind um bessere Einsicht in die Bildung ätherischer Öle zu bekommen, teils um ein Mittel zu finden um eine Selektion nach der Eigenschaft einer reicheren Ölproduktion zu ermöglichen, werde ich zunächst einige Punkte besprechen, die zum guten Begriffe der Bedeutung und des Gebrauchs der Kümmelfrüchte erwünscht sind.

Das Emporkommen des Kümmelbaues in den Niederlanden steht in engem Zusammenhange mit dem Aufschwunge, den die chemische Industrie in den letzten 30 Jahren genommen hat, und zwar an erster Stelle die Industrie der ätherischen Öle und künstlichen Riechstoffe. Es werden die Kümmelfrüchte nämlich hauptsächlich verarbeitet zur Gewinnung des in denselben befindlichen *ätherischen Öls*, vor allem in Deutschland, England und den Vereinigten Staaten von Nord-Amerika, nach welchen Ländern denn auch der grösste Teil der niederländischen Kümmelernte, die ihrer vorzüglichen Qualität wegen besonders geschätzt ist, ausgeführt wird. Die Gesamtausfuhr aus den Niederlanden betrug z. B. im besonders guten Kümmeljahre 1911 : 8988081 kg. Früchte zu einem Werte von Fl. 2157139,

gegen eine Einfuhr im selben Jahre von 109970 kg. zu einem Werte von Fl. 26392 [1]). Wie bedeutend der Umsatz des aus diesem Materiale gewonnenen ätherischen Öls ist, geht z. B. hieraus hervor, dass im fiskalen Jahre vom 1. Juli 1904 bis zum 30. Juni 1905 in die Vereinigten Staaten, ausser 1032922 kg. Kümmelfrüchten auch noch 12834 kg. Kümmelöl eingeführt wurden [2]).

Ueber die Technik der Gewinnung des Kümmelöls und über dessen chemischen Eigenschaften wird es wohl erwünscht sein, hier einiges zu erwähnen; was Einzelheiten betrifft, möchte ich hinweisen auf die ausführlichen Arbeiten von Gildemeister und Hoffmann und von O. Dammer [3]).

Um das in der Fruchtwand eingeschlossene Kümmelöl zu gewinnen, wird dasselbe in den Fabriken durch gespannten Dampf hinausgetrieben, den man durch das, in einem Destillierkessel befindliche, Kümmelmaterial hindurchführt. Diese Methode, die Dampfdestillation, gründet sich auf die Eigenschaft der ätherischen Öle (nicht mit Wasser mischbarer Stoffe) in Anwesenheit von Wasser unter 100° C. zu sieden, obgleich der Siedepunkt des ätherischen Öls selbst weit über 100° C. liegt. (Das Flüssigkeitsgemenge siedet, wenn die Summe der Dampfdrucke des ätherischen Öls und des Wassers gleich dem äusseren Drucke ist).

Um dem Dampfe den Zugang zum, in den Fruchtwänden eingeschlossenen, ätherischen Öle leichter zu machen, werden die Kümmelfrüchte meistens zwischen rotierenden Walzen gequetscht; die Fruchtwand wird dadurch zerrissen und demzufolge kann das ätherische Öl leichter entweichen. Das Kümmelmaterial wird sogleich nachher in den Destillirapparat gebracht, der in modernen Fabriken durch Dampf

---

[1]) Vergl.: *Statistiek van den in-, uit- en doorvoer,* 1911.

[2]) Baily. Cyclopedia of American Agriculture II, pag. 496.

[3]) Gildemeister u. Hoffmann. Die ätherischen Öle.
Dammer. Chemische Technologie der Neuzeit, III, 1911.

bis zu ungefähr 150° C. erhitzt wird. Das Material liegt in diesem Apparate auf einer siebförmigen Platte, unter welcher auch Dampf von 150° C. eingeführt wird, der vor dem Entweichen aus dem Apparate gezwungen ist, durch das Material hindurchzuströmen. Es wird hierbei das ätherische Öl mitgeführt. Der Dampf und das dampfförmige ätherische Öl werden in einem Kühler kondensiert und in eine sogenannte Florentiner Flasche aufgefangen. Diese Flasche ist derart eingerichtet, dass das Konden-

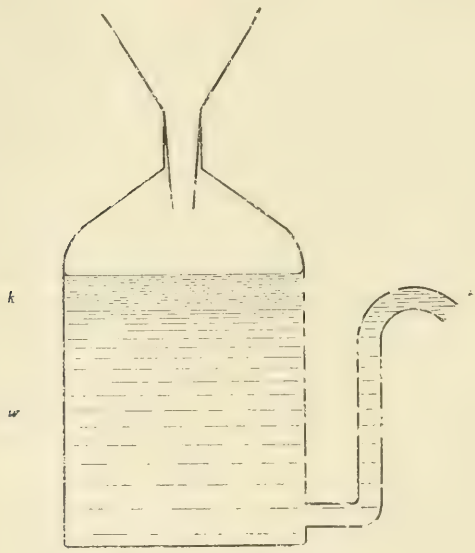


Fig. 15. Florentiner Flasche.

sationswasser fortwährend abfliesst aus einer Seitenröhre *z* *(Fig. 15)*, indem das leichtere Kümmelöl *k* sich auf dem Wasser *w* sammelt.

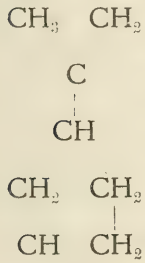
In der Fabrik von Schimmel & Co., in Miltitz bei Leipzig, befinden sich zum Zwecke dieser Kümmelöldestillation 4 Apparate, die je 2500 kg. Kümmelfrüchte fassen. Die ganze Destillation dauert 6 bis 8 Stunden; nach

Ablaufe dieser Zeit ist das Material im Apparate völlig vom Kümmelöle beraubt.

Das Destillationsprodukt, das ätherische Kümmelöl, ist eine klare, farblose Flüssigkeit, die aber mit der Zeit gelb wird. Der Geruch ist der der frischen Kümmelfrüchte; der Geschmack ein wenig brennend, gewürzhaft. Kümmelöl löst sich nur wenig in 70-prozentigem Alkohol; ist aber vollkommen löslich in 3 bis 10 Vol. 80-prozentigen Alkohols, sowie in einem gleichen Vol. 90-prozentigen Alkohols. Es siedet von 175° bis 230°.

Das Kümmelöl ist ein Gemenge zweier Körper: *Carvon* und *Limonen*. Das Limonen ist ein Kohlenwasserstoff, nämlich ein Terpen $C_{10}H_{16}$ von hierneben angegebener Struktur.

Es ist sehr wahrscheinlich, dass es einen genetischen Zusammenhang gibt zwischen diesem Kohlenwasserstoffe und dem anderen, wichtigsten, Bestandteile des Kümmelöls, dem *Carvon*, einer zu den Ketonen $C_{10}H_{14}O$ gehörenden Verbindung. Die Strukturformel ist der des Limonens fast identisch, nur sind zwei Wasserstoffatome durch ein Sauerstoffatom ersetzt, wie hier unten zu sehen ist.

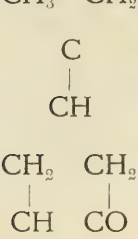


Limonen.

Der Wert des Kümmelöls ist nun abhängig vom Gehalte an Carvon, dem Stoffe, dem der Kümmel seinen eigentümlichen Geruch entlehnt; das Limonen ist als Nebenprodukt der Kümmeldestillation aufzufassen.

In den mit Kümmeldestillation beschäftigten Fabriken werden die beiden Bestandteile des Kümmelöls meistens ebenfalls, durch fractionirte Destillation, von einander getrennt, weil das Kümmelöl für die meisten Zwecke mit Vorteil durch den einen oder anderen seiner Bestandteile ersetzt werden kann. Ueberdies bietet das reine Carvon oder das reine Limonen den Vorteil, dass seine Eigen-

schaften feststehen und man also auch die Reinheit leichter kontrollieren kann als bei dem Gemenge; zudem bleibt die Wirksamkeit des reinen Bestandteils immer dieselbe, gleichwo man das Produkt kauft, was man selbstverständlich nicht vom Kümmelöle selbst sagen kann, dass bei verschiedener Herkunft von ziemlich ungleicher Zusammensetzung sein kann.



Carvon.

Das Carvon wird an erster Stelle zur Likörfabrikation benutzt, namentlich zur Herstellung von „Kümmel"; zudem wird es auch in vielen Ländern als Heilmittel angewendet. Bei der Likörfabrikation wird es dem ursprünglich gebräuchlichen Kümmelöle vorgezogen, weil sich das Carvon leichter in Alkohol löst. In 16 bis 20 Teilen 50-prozentigen Alkohols löst sich Carvon bei 20° klar; von 70-prozentigen Alkohol sind $1^1/_2$ bis 2 Teile nötig zur Lösung von 1 Teile Carvon; mit 90-prozentigen Alkohol ist es in jedem Verhältnisse mischbar.

Der zweite Bestandteil, das Limonen, wird zum Parfümieren von Seifen angewendet; vielleicht hat es auch eine Zukunft in der Medizin, wo es in den letzten Jahren bei Lungenkrankheiten angewandt worden ist, anstatt des schädlich auf die Nieren einwirkenden Terpentins [1]).

Die ausdestillierte Kümmelfrüchte sind ein gutes Viehfutter, weil sie 20 bis 23.5 % Roheiweiss (ungefähr zum $^3/_4$ Teile verdaulich) und überdies 14 bis 16 % Fett enthalten [2]).

Früher wurden die Kümmelfrüchte meistens (auch jetzt geschieht es zuweilen noch) im unversehrten Zustande der Dampfdestillation unterworfen. Es ist dann zwar nicht

---

[1]) *Berichte von Schimmel & Co.* Oktober 1903, pag. 138; Oktober 1906, pag. 160; Oktober 1909, pag. 52; Oktober 1910, pag. 161.

[2]) Gildemeister und Hoffmann, l. c. pag. 720.

möglich, das ätherische Öl völlig zu vertreiben, aber demgegenüber kann das Kümmelmaterial, nach Trocknung, wieder gegen hohe Preise verkauft werden, weil es bei der Käsefabrikation Anwendung findet und auch zur Fälschung von frischen Kümmelfrüchten gebraucht wird.

Das nicht vollständig ausdestillierte Material ist erkennbar durch die dunklere Farbe; auch ist es beinahe geruchlos und geschmacklos, und bei mikroskopischer Beobachtung erscheinen die Ölstriemen, sowie auch ein Teil der Fruchtwand, geplatzt.

§ 2. *Ueber die Entstehung des ätherischen Öls.*

Wie im Vorgehenden schon wiederholt angedeutet wurde, befindet sich das ätherische Öl ausschliesslich in der Fruchtwand, und daselbst auch nur auf bestimmte Organe beschränkt, nämlich nur in den Ölstriemen, die allseitig abgeschlossene Behälter bilden.

Die Anatomie der Striemen ist oben schon eingehend besprochen. Sie werden durch die Quermembranen in einige kleine Fächer verteilt; wenn eins der Fächer geöffnet wird, so kann nur das in diesem eingeschlossene ätherische Öl entweichen; die übrigen Fächer aber bleiben gefüllt.

Wenn wir nun der Frage etwas näher treten, wie das ätherische Öl sich in diesen Behältern sammeln kann, so müssen wir zuerst an Einiges über die Entstehung der Ölstriemen erinnern. Es ist schon ziemlich lange bekannt, dass die Striemen als schizogene Räume entstehen, dass heisst, durch das Auseinanderweichen einiger Zellen in der Wand des Fruchtknotens in einem sehr jungen Stadium. Der so entstandene Interzellularraum wird beim Wachsen des Fruchtknotens grösser, indem auch die angrenzenden Zellen wachsen und sich durch radiale (senkrecht zur Oberfläche der Vitta stehende) Wände teilen. Bald erscheint die junge Vitta als eine im Querschnitt runde Röhre, deren

Wand aus einer Schicht nahezu gleichförmiger, meistens ziemlich flacher Zellen besteht, die fest aneinander geschlossen sind und sich sowohl durch ihre Gestalt und dünne Wand, wie durch ihren Inhalt, deutlich vom angrenzenden Gewebe unterscheiden. Bei dem Kümmel ist diese Schicht, das *Epithelium* der Vitta, nur eine Zelle dick. Es sind nun die als sezernierende Zellen auftretenden Epithelzellen der Vitta, die an erster Stelle eine Rolle spielen bei der Absonderung des ätherischen Öls im Vittaraume.

Ueber das Vorkommen des ätherischen Öls in sehr jungen Ölstriemen kann ich einige eigene Beobachtungen mitteilen, die ich gemacht habe bei jungen *Blumenknospen* und bei *Blüten* von Carum Carvi. Es wurde der Fruchtknoten durch einen Medianschnitt halbiert, die Samenanlagen wurden entfernt und dann die beiden Ovarhälften, mit der Innenseite nach oben gekehrt, in *Kaliumquecksilberjodid* [1]) unter dem Mikroskope beobachtet. In den meisten Fällen sind wenigstens einige Vittae dabei unbeschädigt geblieben. Bei einer Blumenknospe fand ich z. B. in einer nur 0.7 mm. langen und 50 μ weiten Vitta schon mehrere Tropfen ätherischen Öls. Quermembranen fehlten hier vollständig. In älteren Stadien war deutlich wahr zu nehmen, dass das ätherische Öl sich vermehrt hatte. Im weiblichen Stadium der Blüte fand ich in einer 1.4 mm. langen und 80 μ weiten Vitta schon verhältnismässig grosse Öltropfen; in einer Vitta z. B. 6, in einer anderen 5. Der Brechungskoeffizient war anscheinend etwas niedriger als beim Öle der reifen Frucht. Auch in diesem Stadium waren keine Quermembranen zu sehen; durch Druck auf das Deckglas liessen die Öltropfen sich durch die ganze Vitta hin und her treiben.

[1]) Im Kaliumquecksilberjodid, dass einen sehr hohen Brechungskoeffizient besitzt, — in meinem Falle $n_{D20^\circ} = 1.682$ — ist das Kümmelöl (n_{D20° ungefähr 1.485) besonders scharf zu sehen.

Etwas anders verhalten sich die Vittae im Stadium, unmittelbar nach dem Abblühen der Blüte. Eine Vitta eines solchen Stadiums war 2.12 mm. lang und 100 μ weit; im Kaliumquecksilberjodidpräparate waren grosse Tropfen und Säulen vom ätherischen Öle in der Strieme sichtbar. An sehr vielen Stellen befanden sich kleine Öltröpfchen an der Epithelschicht, und zwar von verschiedener Grösse, teils beinahe unsichtbar klein, teils bis zu 18 μ im Durchmesser; zuweilen auch kleine Tröpfchen zwischen einer grossen Ölsäule und der Epithelschicht, und in diesem Falle war die Ölsäule etwas eingebuchtet. Durch Druck auf das Präparat waren die Öltropfen nur schwer in Bewegung zu setzen; höchstens war eine kleine Schwankung hin und her möglich. Obwohl hier keine Quermembranen zu finden waren, zeigte sich an einigen Stellen je eine dichte Anhäufung sehr vieler kleiner Tröpfchen in einer schmalen oder etwas breiteren Querzone an der Epithelschicht; es machte dieses bisweilen den Eindruck, als ob sich an jener Stelle eine Quermembran befände. Diejenigen grossen Öltropfen, die sich zufälligerweise in der unmittelbaren Nähe der genannten Stelle befanden, zeigten sich abgeflacht nach der Seite der vermuteten Quermembran zu.

Die Gestalt der grösseren Öltropfen war übrigens in diesen Präparaten nicht die ursprüngliche, denn sogleich nach der Hinzufügung des Kaliumquecksilberjodids waren die Tropfen zunächst noch sichtbar als lange, dünne, ziemlich unregelmässig gestaltete Stränge; es verkürzten dieselben sich bald zu, die ganze Weite der Vitta ausfüllenden, Säulen.

Um nun die Öltropfen in ihrem natürlichen Zustande zu beobachten, habe ich frische Fruchtblattteile mit unversehrten Ölstriemen in 3 % Rohrzuckerlösung gelegt. Zwei Stadien wurden hierin beobachtet, nämlich 1.: Vittae während des weiblichen Stadiums der Blüte, und 2.: Vittae, kurz nach der Befruchtung der Blüte. In beiden Fällen

war das ätherische Öl vorhanden als lange, dünne, unregelmässig geformte Stränge, die an den Enden oft abgeflacht waren *(Fig. 16)*; Quermembranen waren auch hier nicht zu sehen. Die Ölstränge füllten meist nicht das ganze Lumen der Vitta aus; zuweilen lagen kleine Öltropfen an der Epithelschicht, in einer Einbuchtung eines grossen Öltropfens. Uebrigens waren die Vittae gefüllt mit einer klaren, farblosen, wasserähnlichen Flüssigkeit [1]), die wahrscheinlich mehr weniger zähe ist, wodurch die Form der grossen Öltropfen erklärt sein würde. Nach zweitagigem Aufbewahren dieser Rohrzuckerlösungpräparate in einer feuchten Kammer war die farblose Flüssigkeit trübe geworden; deutlich waren zahllose kleine, nicht stark lichtbrechende Kügelchen in derselben zu sehen, die keine Aehnlichkeit mit Öltropfen zeigten. Diese wasserähnliche Flüssigkeit ist offenbar leicht löslich in Kaliumquecksilberjodid, und dieser Tatsache ist ohne Zweifel die Formveränderung und Abrundung der Öltropfen nach Hinzufügung jenes Mediums zu zu schreiben.

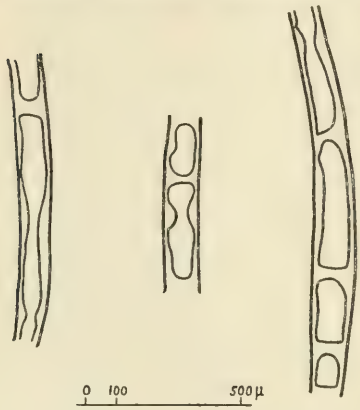


Fig. 16. Teile von drei Ölstriemen eines Stadiums, kurz nach der Bestäubung. Flächenansicht. Präparat in 3 % Rohrzuckerlösung.

Die Quermembranen der Vittae treten zuerst deutlich auf, unmittelbar nach dem Abblühen der Blüten. Aus vielen Uebergangsstadien, die ich in meinen Präparaten beob-

[1]) Aehnliches wurde auch gefunden von Arthur Meyer bei Foeniculum officinale: vergl. Arthur Meyer. Ueber die Entstehung der Scheidewände in dem sekretführenden, plasmafreien Intercellularraume der Vittae der Umbelliferen. Botan. Zeitung, 1889. 47. Jahrgang. pag. 34 ff.

achten konnte, ist, meiner Meinung nach, mit ziemlich grosser Sicherheit zu schliessen [1]), dass die Quermembranen, sowie auch die Belegmembran, entstehen durch Verdichtung der klaren Flüssigkeitsmasse, die neben dem Öle in den Striemen vorkommt. Ich habe dieses untersucht an Serien von Mikrotomschnitten junger Stadien der Blumenknospe und Blüte, und von halbreifen Früchten, die ungefähr die Hälfte ihrer endgültigen Grösse erreicht hatten. In diesem Materiale, dass teils mit 1 % Chromsäurelösung, teils mit starkem Flemming'schen Gemische fixiert worden war, enthielten die Striemen eine sehr feine, schaumartige Masse, die sich mit Heidenhain's Eisen-Haematoxyline schwach färbte; diese Masse entspricht offenbar der wasserähnlichen Flüssigkeit der lebendigen Präparate; in derselben waren mehrere grössere oder kleinere, ovale oder runde Blasen oder Höhlungen zu sehen, die entweder ganz leer waren, oder aber ein loses Maschenwerk von äusserst feinen Fädchen enthielten. Diese Blasen sind gewiss mit ätherischem Öle gefüllt gewesen, welches bei der Behandlung des Materials mit starkem Alkohol und Xylol gelöst ist. Die Blasenwand war meist etwas stärker gefärbt als die schaumartige Masse. In den Stadien nach der Blütezeit sind nun alle Uebergänge zu finden von kurzen Säulen dieser genannten Schaummasse zu mehr oder weniger bis völlig homogenen, festen Quermembranen, die sich mit Eisen-Haematoxylin intensiv färben.

Wie das Öl in den Striemen der reifen Frucht vorkommt, und wie schliesslich die Quermembranen und die Belegmembran aussehen, ist schon im 2. Kapitel besprochen worden.

Obwohl die Frage, an welcher Stelle das ätherische Öl *abgeschieden*, *angehäuft* und *aufgespeichert* wird, leicht zu beantworten ist, ganz anders steht es mit der Frage,

[1]) In Uebereinstimmung mit der Meinung Arthur Meyer's, l. c.

wo und wie die Pflanze das ätherische Öl *bildet*. Findet dieses in den Epithelzellen der Ölstriemen statt, und wenn das indertat der Fall ist, wird dann das ätherische Öl im Protoplasma geformt oder aber in der Zellwand, also erst durch eine extrazellulare Metamorphose? Oder aber gibt es auch andere Zellen in dem Fruchtknoten, oder selbst in anderen Organen der Pflanze, z. B. in den Blättern, welchen diese Aufgabe aufgetragen ist? Diese Frage ist noch bei weitem nicht gelöst und gehört zu einem sehr schwierigen Forschungsgebiete.

Unter den Hypothesen, die zur Lösung dieser Sache aufgeworfen worden sind, ist an erster Stelle jene von Tschirch[1]) zu erörteren, weil sie sehr viele Anhänger gefunden hat. Nach der Hypothese Tschirch's, die sich gründet auf die Annahme, dass die ätherischen Öle nicht durch, mit Wasser imbibierte, Zellwände diffundieren können, würde die Bildung des Öls zu Stande kommen in einem bestimmten, „resinogene Schicht" genannten, Teile der Wand der Epithelzellen[2]).

Es wird diese Hypothese anscheinend unterstüzt durch die negativen Ergebnisse bei Versuchen, die betreffenden Sekretstoffe im Zellinhalte nachzuweisen. Nach Tschirch und seinen Anhängern würde dieses beweisen, dass jene Stoffe dort nicht als solche zugegen wären.

Zwar haben Tschirch und mehrere seiner Schüler sich viel Mühe gegeben um Beweismaterial zusammen-

---

[1]) Tschirch. Die Harze und die Harzbehälter. 2 Aufl. 1906, pag. 1122—1125.

[2]) Auch Arthur Meyer ist der Meinung, dass das Sekret der Vittae (das ätherische Öl + die wasserähnliche Flüssigkeit) in den Wänden der Epithelzellen entstehe, und zwar nicht nur in der am Vittaraume grenzenden Wand, sondern auch in den antiklinen Wänden. Nach diesem Autor müsse dann das Sekret in äusserst feinen Tröpfchen durch Poren in das Lumen der Vitta durchdringen. (Vergl. Arthur Meyer Botan. Zeit. l. c.).

zubringen, aber trotzdem stehen sie mit der Hypothese der resinogenen Schicht, einer strengen Kritik gegenüber, auf ziemlich schwachen Füssen. Mit Recht weisen doch z. B. Charabot und Gatin[1]) darauf hin, das die ätherischen Öle, wenn auch nur wenig, ganz entschieden in Wasser löslich sind, und also im gelösten Zustande durch eine mit Wasser imbibierte Zellwand diffundieren können. Und was das andere Argument Tschirch's betrifft, auch dieses ist nicht stichhaltig. Man hat im Zellinhalte zwar keine ätherische Öle nachweisen können, aber das ist nur der mangelhaften Wirkung der dazu angewendeten Farbreagenzien zuzuschreiben. Jene Reagenzien sind nur im Stande, ätherische Öle nachzuweisen, wenn die letzteren in Tropfenform vorhanden sind, nicht aber, wenn sie sich in gelöstem Zustande befinden.

Dieses wurde von Charabot und Gatin durch ein hübsches Experiment illustriert[2]). Sie füllten ein Reagierglas mit gleichen Teilen Orangeblütenöl und Orangeblütenwasser (d. h. Wasser, in dem Orangeblütenöl gelöst ist). Es wurden einige Tropfen Sudan III-Lösung zugefügt und dann wurde stark geschüttelt: nur das Orangeblütenöl färbte sich, das Orangeblütenwasser aber blieb völlig farblos. Dieser Versuch beweist zwar nichts, sondern beleuchtet doch die Schwäche der Hypothese Tschirch's.

Charabot und Gatin glauben vielmehr, an eine Bildung des ätherischen Öls *in* der Zelle denken zu müssen; das Produkt müsste dann in gelöstem Zustande durch die Zellwand diffundieren.

Wenn also, in betreff der Einsicht in der Entstehungsweise der ätherischen Öle, noch gar keine Uebereinstimmung herrscht, so ist es doch wohl sicher, dass die Baustoffe

[1]) Charabot et Gatin. Le parfum chez la Plante. Paris, Doin, 1908, pag. 178 ff.

[2]) Charabot et Gatin. l. c. pag. 181.

in letzter Instanz auf die Kohlensäureassimilation zurückzuführen sind. In dieser, freilich ziemlich gesuchten, Erwägung wurde der Einfluss der Kohlensäurezerlegung auf die Bildung der Sekretstoffe bei *Mentha piperita* L. experimentell geprüft von Charabot und Hébert[1]). Alle günstig auf die Kohlensäureassimilation wirkende Einflüsse förderten auch die Bildung des ätherischen Öls in jener Pflanze.

Die Forschung in diese Richtung steht aber nur erst im Anfange und stösst auf schwierige Probleme. Eine der Verwickelungen hierbei ist die Tatsache, dass das ätherische Öl in einer Pflanze nicht fortwährend dieselbe Zusammensetzung hat, aber in verschiedenen Entwicklungsperioden der Pflanze Unterschiede zeigt; ja selbst kann die Zusammensetzung in verschiedenen Teilen der Pflanze an einem bestimmten Zeitpunkte verschieden sein. Ein paar schlagende Beispiele, die sich auf zwei Pflanzen beziehen, möchte ich hier erörtern:

1. *Citrus Aurantium*[2]) enthält in den *Blättern* ein ätherisches Öl, dass zu 70 % aus Linalool- und Geraniolester und zu 25 bis 30 % aus freien Alkoholen besteht. Limonen ist im Anfange der Vegetation nur wenig vorhanden; bei der Entwicklung der Blätter aber entstehen hier keine Ester, sondern wird Limonen gebildet. Die Blüten enthalten viel Limonen und wenige Alkohole, indem in der Fruchtwand die Alkohole fast verschwunden sind und das Limonen bedeutend zugenommen hat.

2. *Kümmel*[3]). Bei der Firma Schimmel & Co. wurden Kümmelpflanzen in verschiedenen Entwicklungszuständen ausdestilliert:

a. Frische Pflanzen, die noch blühten und auch schon unreife Früchte trugen.

---

[1]) Charabot et Gatin. l. c. pag. 345.

[2]) Czapek. Biochemie der Pflanzen, 1905, Bd. II, pag. 637.

[3]) Bericht von Schimmel & Co. Leipzig, Oktober 1896.

b. Pflanzen wie *a*, aber vorher von den Blüten und fruchttragenden Doiden beraubt.

c. Abgeblühte Pflanzen, deren Früchte noch nicht völlig reif waren.

Die Untersuchung des aus diesen drei Destillationen gewonnenen ätherischen Öls lehrte, dass in der zweiten Partie, also in den Pflanzen ohne Blüten und Früchten, kein Limonen und Carvon zugegen war.

Die Partien *a* und *c*, die also nur nach Alter verschieden waren, lieferten ein Produkt, das nach fractionierter Destillation die folgende Zusammensetzung zeigte:

Siedepunkt der Fractionen.	Quantitäten dieser Fractionen.	
	in Partie *a*.	in Partie *c*.
175—185°	66 %	24.1 %
185—220°	10.1 %	17.8 %
220—235°	4.8 %	46.6 %
235—240°	6.4 %	5.5 %
240—270° + Rest und Verlust	17.7 %	6.0 %

Diese Ergebnisse sprechen stark für die Auffassung, dass das Limonen (Siedepunkt 175°) zuerst in der Pflanze gebildet wird, und dass aus einem Teile desselben später das sauerstoffhaltige Carvon entsteht (Siedepunkt 230°). Nur in der reifen Frucht wird man beim Kümmel die grösste Carvonfraction erwarten können.

Klarheit besteht aber in diesen Fragen noch keineswegs. Mit Recht spricht Leimbach[1]) sich hierüber derart aus: „Wir stehen noch sichtlich am Anfang unserer Kenntnis über die Bildung der ätherischen Öle in den Pflanzen, aber das geht doch schon klar aus diesen Anfängen hervor,

[1]) Leimbach. Die ätherischen Oele. 1910. pag. 5.

dass die Erweiterung unserer Kenntnisse auf diesem Gebiet ungeheuer befruchtend auf die Industrie der ätherischen Öle wirken muss und eine Verbesserung nicht nur der Ausbeute, sondern auch der Qualitäten der Öle bringen wird."

§ 3. *Gehalt der Kümmelfrüchte.*

Wenn wir auch nur allein die genannten, die Produktion ätherischer Öle beeinflüssenden, Faktoren berücksichtigen: nämlich die mehr oder weniger intensive Assimilation und den verschiedenen Reifheitsgrad, denen sehr wahrscheinlich noch die Einflüsse von Rassenunterschieden hinzugefügt werden können, so wird es wohl Niemand wundern, dass Kümmel von verschiedener Herkunft nicht nur einen verschiedenen Ölgehalt zeigen wird, sondern dass das Öl auch von verschiedener Qualität sein wird.

In der Literatur findet man hierüber mehrere Angaben: Harz[1]) gibt z. B. als Ölgehalt 4 bis 5 % an, bei kultivierten Pflanzen sich steigernd bis zu 9 %; wie dieser Autor zu so hoher Ziffer kommt, ist nicht nachzuspüren; es liegt hier offenbar ein Irrtum vor, denn jener hohe Gehalt ist auch gar nicht mit den Angaben späterer Forscher in Uebereinstimmung.

Eingehender wird von Uhlitzsch[2]) Auskunft erteilt, der erwähnt, dass der *wildwachsende* Kümmel aus Deutschland und Norwegen den höchsten Ölertrag gibt, aber dass der holländische kultivierte Kümmel nach Qualität des ätherischen Öls der beste ist; nach seinen Angaben findet man im niederländischen Kümmelöle 60—65 % Carvon und 40—35 % Limonen; im deutschen und norwegischen dagegen nur 45—50 % Carvon und 55—50° Limonen. Nach Uhlitzsch soll der Ölertrag von Material mehr nördlicher

[1]) Harz. Landwirthschaftliche Samenkunde, 1885, pag. 1037.

[2]) Uhlitzsch. Rückstände der Fabrikation ätherischer Oele. Die Landwirtschaftlichen Versuchsstationen, Bd. XLII, 1893.

Herkunft höher sein als beim Kümmel aus mehr südlicher Gegenden; eine Behauptung, die sich wahrscheinlich gründet auf die Mitteilungen Nicolaysen's[1]) über norwegischen Kümmel aus Christiania und aus Tromsö. Der Kümmel aus Christiania enthielt 6.1 % ätherisches Öl, indem das Material aus dem 10° weiter nördlich liegenden Tromsö 6.4 % lieferte[2]).

Die eingehendsten Mitteilungen sind von der Firma Schimmel & Co. veröffentlicht[3]) worden in einem ihrer halbjährlichen *Berichte;* es findet sich da die folgende Tabelle von aus verschiedenen Gegenden stammendem, sowohl kultiviertem wie wildwachsendem Kümmel:

Bayern, (wild)	6.5—7 %	Kümmelöl.
Kultivierter deutscher	3.5—5 „	„
Finnland (wild)	5 —6 „	„
Galizien	4.5 „	„
Hessen (wild)	6 —7 „	„
Kultivierter niederländischer	4 —6.5 „	„
Mähren (Oesterreich)	4 „	„
Norwegen (wild)	5 —6 „	„
Ost-Friesland	5.5—6 „	„
Ost-Preussen (kultiviert)	5 —5.5 „	„
Russland (wild)	3.2—3.6 „	„
Schweden (wild)	4 —6.5 „	„
Steiermark	6 „	„
Tyrol (wild)	6.5 „	„
Württemberg (wild)	5.5—6 „	„

[1]) Nicolaysen. Oil of Norwegian Caraways. Pharmaceutical Journal and Transactions. Third Series, Vol. XX, 1889/90, pag. 603.

[2]) Es erscheint mir völlig unberechtigt, einen so kleinen Unterschied dem Klima der höheren geografischen Breite Tromsö's zuzuschreiben. Meine eigenen, weiter unten zu besprechenden, Untersuchungen haben mir ergeben, dass in einem so kleinen Gebiete wie in den Niederlanden weit grössere Ölgehaltsunterschiede vorkommen in einem einzigen Erntejahre.

[3]) Bericht von Schimmel & Co., Leipzig, April 1897, Anhang pag. 26.

Aus diesen Angaben ergibt sich klar, dass im allgemeinen der wilde Kümmel ein bedeutend höheren Gehalt besitzt als der kultivierte. Ueber die Qualität wird aber nichts mitgeteilt. Vom kultivierten Kümmel hat unterdessen in der Industrie immer der niederländische den Vorzug, nicht nur des sehr guten Ölertrags wegen, sondern auch durch die ausgezeichnete *Ölqualität*. Auch die norwegische und ostpreussische Ware kommt für die Destillation in Betracht [1]). Der in Nord-Deutschland gebaute Kümmel ist dagegen minderwertig, sowohl was Ölertrag als Ölqualität betrifft, obwohl das Äussere der Ware meistens nichts zu wünschen übrig lässt, ja selbst ausgezeichnet genennt wird. Der Kümmelbau wird deshalb für Deutschland denn auch von Uhlitzsch abgeraten [2]).

Gleichfalls wird durch die Firma Schimmel & Co., in einem der Berichte, der in Nord-Deutschland kultivierte Kümmel rundweg zur Destillation untauglich erklärt; im *Bericht Oktober 1897* heisst es: „Es ist ungemein schwierig, die Oekonomen von dem Minderwerth ihrer Waare gegenüber anderen Sorten zu überzeugen. um so mehr als das äussere Aussehen der Waare gewöhnlich tadellos, das Korn gross und voll ist. Infolgedessen geht die deutsche Saat fast ausschliesslich in den Zwischenhandel über, bei dem mehr auf schönes Äussere als auf inneren Gehalt gegeben wird."

Wenn also schon aus der Literatur mit genügender Sicherheit hervorgeht, wie gross die Unterschiede in Ertrag und Qualität des Kümmelöls sind, je nach der Herkunft der Früchte, über etwaige Unterschiede in den Niederlanden selbst ist bisjetzt nichts bekannt. Es liegt also die Frage sehr nahe: ist die Qualität in allen kümmelbauenden Gegenden der Niederlande gleich gut, oder machen sich

[1]) Gildemeister und Hoffmann. Die ätherischen Oele, 1899, pag. 721.
[2]) Uhlitzsch. l. c. pag. 260.

auch hier örtliche Einflüsse geltend und kommen auch hier solch grosse Unterschiede vor? Und weiter: was ist die Ursache, dass der Kümmel in dem einen Lande soviel mehr Öl liefert wie in dem andern; was ist die Ursache der Qualitätsunterschiede des Öls; spielt hier vielleicht die verschiedene Bodenart eine Rolle, oder üben hier die Behandlung von Saat und Ernte, oder die Klimaunterschiede vorwiegend Einfluss? Auch ist die Möglichkeit gar nicht ausgeschlossen, dass die Unterschiede grösstenteils durch das Vorkommen mehrerer Rassen verursacht würden, die sich erblich unterscheiden könnten durch grössere oder geringere Fähigkeit, ätherisches Öl zu produzieren, und von denen die eine Rasse möglicherweise hier besser gediehe, eine andere anderswo.

Zu einer Beantwortung all dieser Fragen sind selbstverständlich sehr verschiedenartige Untersuchungen und Experimente erforderlich; wohl an erster Stelle orientierende Untersuchungen zu diesem Zwecke, eine Einsicht in *die Qualität des niederländischen Kümmels in den verschiedenen Kümmelbaugegenden* zu bekommen.

Es ist leicht einzusehen, dass eine derartige Untersuchung nicht nur wissenschaftlich von Bedeutung sein kann, sondern auch wohl den Landwirten gute Dienste leisten könnte, wenn sich auch bei unsern einheimischen Gewächsen zeigen würde, dass das äussere Aussehen der Saatware kein Mass für die Beurteilung ihres wirklichen Wertes ist, sowie die Firma Schimmel — wie oben erwähnt — schon von dem deutschen kultivierten Kümmel angab. Wenn z. B., durch ungünstiges Wetter während der Ernte, die Früchte eine dunkle und unschöne Farbe bekommen haben, so wird die Ware immer als minderwertig betrachtet, obwohl doch der Ölgehalt eines solchen Materials, — wie es sich mir zeigte — ausgezeichnet sein kann; demzufolge kommt es oft vor, dass der Landwirt seinen Kümmel unter dem wirklichen Werte verkaufen muss, weil bisjetzt die ober-

flächliche Schätzung nach Farbe, Geruch und Korngrösse die einzige Basis für die Preisbestimmung der Kümmelfrüchte bildet.

Um nun die Frage, die Qualität verschiedener niederländischer Kümmelgewächse betreffend, beantworten zu können, musste an erster Stelle eine geeignete Methode der Ölbestimmung gesucht werden. Die oben erwähnten Angaben verdanken wir nur der Untersuchung *grösserer Saatpartien;* zum hier gesteckten Ziele aber ist dieser Weg unmöglich zu folgen. Für eine mehr eingehende Untersuchung, wie hier beabsichtigt wird, ist an erster Stelle die Möglichkeit zu fordern, auch von sehr kleinen Quantitäten des Materials den Ölgehalt bestimmen zu können. Schon bei der Bestimmung einer grossen Anzahl von Proben liefert dieses, aus praktischen Erwägungen, einen bedeutenden Vorteil; aber für die Untersuchung kleiner Probekulturen, ja sogar einer einzigen Pflanze oder der ersten Nachkommen einer Pflanze, ist eine solche Methode selbstredend unentbehrlich.

Es liegt auf der Hand, hierbei an erster Stelle an eine sogenannte direkte Methode zu denken, die hierin besteht, dass man ein abgewogenes Quantum der Kümmelfrüchte einer Dampfdestillation unterwirft, das ätherische Öl auffängt und dieses wägt oder misst. Wenn man dieses versucht, stösst man aber sogleich auf eine grosse Schwierigkeit, nämlich die Trennung des gewonnenen ätherischen Öls von dem, gleichfalls aufgefangenen, Destillationswasser. Denn, wenn man nur ein kleines Quantum der Früchte ausdestilliert, ist auch der Ölertrag gering, und deshalb der, bei der Bestimmung der Ölquantität unvermeidliche, Mess- oder Wägefehler verhältnismässig viel zu gross um zuverlässige Ergebnisse erwarten zu dürfen. Diese Methode geriet also ausser Betracht durch die Bedingung: Beschränkung des Quantums des zu untersuchenden Materials.

Dasselbe gilt für die Extractionsmethode, bei der die Schwierigkeit im Entfernen des Extractionsmittels gelegen ist. Auch hierbei sind die unvermeidlichen Fehler verhältnismässig viel zu gross.

Bessere Ergebnisse waren von einer von Beckmann im Archiv der Pharmazie [1]) beschriebenen Methode zu erwarten; es wird dabei nicht nur die oben gestellte Bedingung eingehalten, — Beckmann arbeitet mit nur 10 Gramm Früchten —, sondern auch die Fehler, welche aus der Schwierigkeit, das ätherische Öl vom Destillationswasser zu trennen, oder aus der leichten Verflüchtigung des Öls hervorgehen, werden vermieden.

Bei näherer Betrachtung erschien mir diese Methode denn auch bald für meinen Zweck sehr brauchbar; es wurden jedoch verschiedene Abänderungen nötig zur Anpassung an dieser speziellen Untersuchung des Kümmels, vor allem um diese Arbeitsmethode zuverlässiger zu machen und mehr als eine — wie Beckmann sich vorsichtig ausdrückt — annähernde Methode werden zu lassen.

Zum besseren Verständnis des eben Gesagten ist es nicht überflüssig, etwas näher einzugehen in die von Beckmann bei verschiedenen Gewürzen und Drogen angewendete Methode, bei welcher die Tatsache zunutze gemacht wird, dass eine Lösung des ätherischen Öls einen niedrigeren Gefrierpunkt besitzt als das Lösungsmittel selbst und dass die Gefrierpunktserniedrigung bei schwachen Lösungen in geradem Verhältnisse zur Konzentration steht. Aus der Gefrierpunktserniedrigung, die durch Lösung des ätherischen Öls eines abgewogenen Quantums des Gewürzes in einer, ebenfalls abgewogenen, Menge des Lösungsmittels verursacht wird, wird nun der Ölgehalt berechnet.

---

[1]) E. Beckmann. Anwendung der Kryoskopie zur Beurteilung von Gewürzen und anderen Drogen. Archiv der Pharmazie, 1907, Bd. 245, pag. 211.

Beckmann nimmt 5 Gramm des zu untersuchenden und vorher feingemahlenen Gewürzes. Diese Quantität wird in einem Erlenmeyerkölbchen mittels 30 Gramm Aethylenbromid bei Zimmertemperatur extrahirt; das Extrakt wird durch einen Wattebausch in eine Beckmann'sche Gefrierröhre hineinfiltriert und dann der Gefrierpunkt dieser Lösung bestimmt. Weil aber dieses Extrakt, neben dem ätherischen Öle, selbstverständlich noch viele andere, ebenfalls Einfluss auf den Gefrierpunkt übende, Stoffe in Lösung enthält, ist es ohne weiteres nicht möglich, die durch das ätherische Öl allein verursachte Gefrierpunktserniedrigung zu bestimmen. Es ist dazu noch ein zweites Extrakt erforderlich, dass dem ersten ganz gleich ist, aber *kein ätheriches Öl* enthält. Es wird also ein zweites Quantum von 5 g. des gemahlenen Gewürzes, mittels der Dampfdestillation, *seines ätherischen Öls beraubt*, der Rückstand auf die oben beschriebene Weise mittels Aethylenbromid extrahiert und dann auch von diesem Extrakte der Gefrierpunkt bestimmt. Der Unterschied beider Gefrierpunkte gibt die Gefrierpunktserniedrigung (Depression) an, welche durch die Anwesenheit des ätherischen Öls im ersten Extrakte verursacht wird. Wenn man nun die „spezifische Depression" des ätherischen Öls kennt, dass heisst die Gefrierpunktserniedrigung, welche durch Lösung von 1 g. des betreffenden ätherischen Öls in 100 g. Aethylenbromid verursacht wird, so hat man alle erforderliche Angaben um den Ölgehalt des Gewürzes berechnen zu können.

Das im gegebenen Falle bestehende Verhältnis zwischen der Gefrierpunktserniedrigung und der Quantität des gelösten ätherischen Öls ist nämlich:

$$S = \frac{0.3\,D}{C}.$$

In dieser Formel wird durch S die in Grammen ausgedrückte Quantität des ätherischen Öls angegeben, welches in 5 g. Gewürz enthalten war, und durch das Aethylen-

bromid gelöst ist; D ist die beobachtete Gefrierpunktserniedrigung (Gefrierpunktsdifferenz der beiden Extrakte) und C ist die *spezifische Depression* des ätherischen Öls.

Der Faktor 0.3 tritt, wie leicht einzusehen ist, in dieser Formel auf, weil bei der Extraktion nur 30 g. Aethylenbromid benutzt wurde, anstatt 100 g. (Der Wert für C bezieht sich ja auf eine Lösung von 1 g. ätherischen Öls in 100 g. Lösungsmittel). Mittels der eben erwähnten Formel finden wir also die in *5 g.* Gewürz vorkommende Quantität ätherischen Öls, in Grammen ausgedrückt. Der Gehalt, in Prozenten ausgedrückt, ist also:

$$20\ S = \frac{6\ D}{C}.$$

Wenn auch diese Methode prinzipiell höchst einfach ist, die Ausführung bietet, wie wir später sehen werden, ziemlich viele Schwierigkeiten, wenn man an die Zuverlässigkeit der Ergebnisse hohe Anforderungen stellt; erstens der Dampfdestillation wegen, welche sehr sorgfältig ausgeführt werden muss, und zweitens wegen der Genauigkeit, die bei solchen Gefrierpunktsbestimmungen wie hier erfordert wird.

Wir werden nun an erster Stelle die Destillationsweise betrachten, wie sie von Beckmann angewendet wurde. Das zu untersuchende Gewürz wird feingemahlen und das so entstandene Pulver, in einer Filtrierpatrone, in einem vertikal gestellten, zylindrischen, unten geschlossenen Glasgefässe von 15 cm. Länge und 3 cm. Durchmesser aufgehängt. Das Glasgefäss ist oben abgeschlossen mit einem zweifach durchbohrten Korke, durch den ein Thermometer und die Abfuhrröhre zum Kühler geführt sind. Ueberhitzter Dampf wird unten in das Gefäss, unter der Filtrierpatrone, eingeleitet durch ein eingeschmolzenes Glasrohr, dessen Öffnung sich ein wenig über der Mitte des Gefässbodens befindet.

Das Glasgefäss mit der Filtrierpatrone hängt in einem

Paraffinölbade von einer Temperatur von 140—150° C. Nun wird so lange abdestilliert, bis das Destillat geruch- und geschmacklos ist und sich keine Öltropfen mehr im Kühler zeigen. Dann wird das Pulver, dass bei der angewendeten hohen Temperatur vollständig trocken geworden ist, aus der Filtrierpatrone direkt in Aethylenbromid geschüttet.

Die Gefrierpunktsbestimmungen wurden mit dem gewöhnlichen, mit einem Beckmannthermometer versehenen *Beckmann-apparate* [1]) ausgeführt. Vor der Bestimmung des Gefrierpunktes wurden dem Extrakte immer einige Wassertropfen zugefügt um durch Kondensation von Wasser in der Gefrierröhre oder durch im Gewürze vorhandene Wasserspuren verursachte Fehler zu vermeiden; denn Wasser löst sich, freilich in geringem Masse, in Aethylenbromid und kann dessen Gefrierpunkt also erniedrigen.

In allen Hauptsachen habe ich bei meinen eigenen Untersuchungen der eben kurz angedeuteten Beckmann'schen Methode gefolgt. Weil aber aus dem oben erwähnten Aufsatze Beckmann's nicht zu schliessen ist, wie gross die erzielte Genauigkeit war, — was Beckmann offenbar auch nicht weiter untersucht hat — so habe ich mir an erster Stelle als Ziel gestellt, dieses durch eigene Untersuchung zu ermitteln um, wenn es sich ergeben würde, dass die Empfindlichkeit der Methode nicht genügend wäre, zu versuchen, dieselbe zu erhöhen.

Es zeigte sich nun auch wirklich, dass beim Folgen der oben beschriebenen Methode, verhältnismässig grosse Beobachtungsfehler nicht zu vermeiden sind. Nach einer sehr zeitraubenden Untersuchung und nach vielen vergeblichen Bemühungen gelang es mir aber, die hauptsächlichste Ursache zu finden und durch einige Abänderungen sowohl

---

[1]) Eine Abbildung wird man finden in: Ostwald—Luther. Physikochemische Messungen, 3. Auflage, 1910, pag. 269.

des Apparates wie der Arbeitsmethode, die Beobachtungsfehler erheblich herabzusetzen. Die Abänderungen sind:

1. erhebliche Verkürzung der zur Dampfdestillation erforderlichen Zeit, und

2. die dreifache Wiederholung aller Ölbestimmungen, so dass der Ölgehalt als der Mittelwert von 3 gegenseitig unabhängigen Einzelbestimmungen berechnet werden kann.

Auf die Einzelheiten kann ich hier jetzt nicht eingehen, sondern im Folgenden werde ich hierauf zurückkommen.

§ 4. *Bestimmung der spezifischen Depression. Behandlung des Gefrierapparates.*

Wir haben im Obigen schon gesehen, dass die spezifische Depression — die Gefrierpunktserniedrigung infolge der Lösung von 1 g, ätherischen Öls in 100 g. Lösungsmittel — zu den Faktoren gehört, welche nötig sind zur Berechnung des Ölgehalts des zu untersuchenden Gewürzes. Es wird diese spezifische Depression leicht gefunden in der Weise wie Beckmann es für verschiedene ätherischen Öle getan hat; wenn man nämlich S g. ätherisches Öl in 100 g. Lösungsmittel löst und die Gefrierpunktserniedrigung Δ dieser Lösung bestimmt, so ist die spezifische Depression des betreffenden Öls $= C = \frac{\Delta}{S}$. Weil Beckmann aber das ätherische Öl in nur 30 g. Lösungsmittel löst, so muss selbstredend dieser Wert mit 0.3 multipliziert werden, so dass dann C berechnet wird aus: $\frac{0.3\,\Delta}{S}$.

Für von der Firma Schimmel & Co. bezogenes Kümmelöl, und Aethylenbromid als Lösungsmittel, fand Beckmann die folgenden Werte: [1])

[1]) Beckmann, l. c. pag. 221.

Kümmelöl, in 30 g. feuchtem Aethylenbromid gelöst.	Gefrierpunktserniedrigung = Δ.	Spezifische Depression = C.
0.5016 g.	1.380°	0.825
0.7982 „	2.110°	0.793
1.2182 „	3.120°	0.768
0.4860 „	1.264°	0.780
0.7220 „	1.864°	0.775
1.4334 „	3.640°	0.762
		Mittelwert 0.784

Zum Vergleiche gebe ich hier auch die von Beckmann gefundenen Werte der spezifischen Depression einiger andern ätherischer Öle:

	Spezifische Depression.
Anisöl	0.778
Korianderöl	0.729
Dillöl	0.776
Fenchelöl	0.783
Macisöl	0.774
Nelkenöl	0.676
Pfefferöl	0.553
Pfefferminzöl	0.711
Cassiaöl	0.799
Zimtöl	0.832

Jene Beckmann'sche, das Kümmelöl betreffende, Bestimmung habe ich, bevor ich mit der eigentlichen Prüfung der Destillationsmethode einen Anfang machte, kontrolliert, dabei Kümmelöl benutzend, das von E. Merck *in Darmstadt* in den Handel gebracht war unter dem Namen: *Oleum carvi e semin. hollandicis.*

Es lag auf der Hand, auch in der Wahl des Lösungsmittels, des Aethylenbromids, Beckmann zu folgen, der

mit anderen Stoffen weniger gute Ergebnisse erzielt hatte. Der Vorteil des Aethylenbromids liegt sowohl in seiner Eigenschaft leicht ohne Zersetzung aufbewahrt werden zu können, wie in seiner grossen molekularen Depression, nämlich $k = 118$. Überdies liegt sein Gefrierpunkt bei $+8°$ C., einer mittels Kältemischungen leicht zu erhaltenden Temperatur. Indem dieser Gefrierpunkt meistens unterhalb dem Taupunkte der Atmosphäre liegt, besteht die Gefahr vor Kondensation von Wasserdampf in der Gefrierröhre, was eine Gefrierpunktserniedrigung des Aethylenbromids zur Folge haben würde. Und weil auch das eventuell in den zu extrahierenden Stoffen anwesende Wasser von neuem eine Gefrierpunktserniedrigung verursachen würde, so empfiehlt Beckmann, die Gefrierpunktsbestimmungen erst nach Zufügung einiger Wassertropfen auszuführen. Das Aethylenbromid wird also mit Wasser gesättigt, sodass das letztere weiter keinen Einfluss auf den Gefrierpunkt ausüben kann.

All meine Gefrierpunktsbestimmungen wurden ausgeführt mit dem *Beckmann-apparate*, dessen Unterteile alle im Kataloge von Hugershoff — *Leipzig, Liste I, Allgemeine chemische Apparate, 1910*, zu finden sind.

Der Apparat besteht aus einer gläsernen Gefrierröhre, welche, von einem gläsernen Luftmantel umgeben, in ein zylindrisches Batterieglas, in dem sich eine Kältemischung befindet, gehängt wird. Die Lösung, deren Gefrierpunkt bestimmt werden soll, befindet sich in der Gefrierröhre, die eine Seitenröhre trägt. Der die Gefrierröhre schliessende Kork hat zwei Durchbohrungen, deren die zentrale einen Beckmannthermometer soweit durchtreten lässt, dass die Quecksilberkugel wenigstens völlig in der zu untersuchenden Lösung untergetaucht ist. Die zweite Durchbohrung lässt einen Glasstab durch, in dessen Unterende ein starker Platindraht eingeschmolzen ist, der zum Rühren der gefrierenden Lösung dient; der Platindraht ist zu diesem

Zwecke an seinem Unterende zu einem horizontalen Ringe umgebogen, der das Thermometer umgibt, aber beim Rühren nicht an der Thermometerkugel schleifen darf. Durch ständiges auf und nieder bewegen des Drahtes wird die Lösung in der Gefrierröhre, während der Gefrierung, durchgerührt.

Auch die Kältemischung im Batterieglas kann mittels eines Nickeldrahtes gerührt werden, während deren Temperatur mit einem, im Batterieglas hangenden, Thermometer kontrolliert wird.

Das von mir zur Bestimmung der Gefrierpunkte benutzte, empfindliche Thermometer war ein in $\frac{1}{100}$° C. geteiltes Beckmannthermometer mit einem Ueberlaufquecksilberreservoir [1]). Diese Einrichtung macht es möglich, ein und dasselbe Thermometer sowohl bei sehr hohen wie bei sehr niedrigen Temperaturen benutzen zu können, obwohl der Skalenbereich nur etwa 6° umfasst. Wenn man das Thermometer bei hohen Temperaturen, z. B. + 210°, benutzen will, so erwärmt man in einem Bade die Quecksilberkugel bis ungefähr + 214°. Das überschüssige Quecksilber sammelt sich dann oben im Ueberlaufreservoir, wo es als ein Säulchen am kapillaren Faden hangen bleibt. Durch sanftes Anklopfen an das Thermometer kann man dann das Säulchen vom kapillaren Faden trennen. Wenn man nun das Thermometer bei der gewünschten Temperatur, in casu + 210°, benutzt, so befindet sich der Meniskus ungefähr in der Mitte der Skalenteilung.

Wenn man dagegen niedrige Temperaturen ablesen will, so bringt man durch Umkehren und Anklopfen des Thermometers das Reservoirquecksilber in das obere Ende des Reservoirs, wo man es mit dem kapillaren Quecksilberfaden vereinigt. Darauf kühlt man in einem Bade bis etwa 4° über die gewünschte Temperatur ab. Das

---

[1]) Vergl. z. B. Ostwald—Luther, l. c. pag. 271.

Quecksilber läuft nun selbstverständlich zurück; sobald nun das Thermometer die Badtemperatur angenommen hat, wird wiederum das überschüssige, am kapillaren Faden hangende, Quecksilber im Ueberlaufreservoir, durch leises Anklopfen, abgetrennt und das Thermometer ist für die gewünschte niedrige Temperatur eingestellt.

Auch mit Rücksicht auf die Einrichtung dieses Thermometers war nun das Aethylenbromid ein sehr geeignetes Lösungsmittel; der Quecksilbermeniskus des Thermometers sollte ja bei ungefähr + 8° C. nahezu in der Mitte der Skalenteilung stehen; wenn sodann, nach Ablauf einer Beobachtungsreihe, das Quecksilber wieder die Zimmertemperatur annahm, so füllte sich zwar das ganze Kapillarrohr und bildete sich im oberen Ende des Ueberlaufreservoirs ein Quecksilbertropfen, sondern dieses blieb bei vorsichtiger Handhabung immer am kapillaren Faden hangen; demzufolge brauchte das Thermometer nicht immer wieder von neuem eingestellt zu werden.

Das Beckmannthermometer hat ein Messbereich von — 20° C. bis + 250° C., führt aber nur ein Skalenbereich von ungefähr 6° mit den Ziffern 1 bis 5, während jeder Grad in $\frac{1}{100}$ geteilt ist. Die Ablesung findet statt mit Hilfe einer Lupe, wodurch sehr leicht in Tausendstelgraden geschätzt werden kann. Man muss hierbei sorgfältig die, durch die Parallaxe verursachten, Ablesefehler (die Skalenteilung befindet sich hinter dem Quecksilberkapillarrohre) vermeiden, was auch nach einiger Uebung leicht gelingt; man muss nämlich darauf achten, bei der Temperaturablesung das Auge genau in derselben Höhe wie der Meniskus zu halten. Diese Bedingung ist erfüllt, wenn man die beiden Teilstriche der Skale, zwischen denen der Meniskus steht, als gerade Linien sieht. Hält man das Auge nicht in der richtigen Höhe, so erscheinen die mittleren Teile jener Striche als gebogene Linien, infolge der Lichtbrechung in dem zylindrischen Thermometerkapillarrohre.

Während der Ablesung des Thermometers ist es sehr erwünscht, dass die Aufmerksamkeit nicht durch andere Sachen, wie z. B. das notwendige Rühren der gefrierenden Lösung, abgelenkt werde. Ich benutzte deshalb auch ein mechanisches Rührwerk [1]), das besteht aus einer Art von Pendeluhrwerk, mit einem auf und nieder bewegenden seitlichen Hebel versehen. Am Hebel wird ein Schnürchen verbunden, welches, über eine Scheibe laufend, mit dem anderen Ende an dem, in der Gefrierröhre auf und nieder gehenden Rührer befestigt ist. Durch Verschiebung des Anheftungspunktes des Schnürchens über den Hebel, kann man die Hubhöhe der Rührbewegung regulieren. Ebenfalls ist die Rührgeschwindigkeit beliebig einstellbar mittels einer Verschiebung des Pendelgewichtes des Uhrwerks. Durch diese Vorrichtungen ist man im Stande, miteinander zu vergleichende Gefrierpunkte unter genau denselben Verhältnissen zu bestimmen, während man zugleich die Aufmerksamkeit dem Thermometer widmen kann; in dieser Weise werden sowohl fehlerhafte Ablesungen, wie irrtümliche Aufzeichnung der beobachteten Temperaturen leichter vermieden.

Nach dieser umständlichen Auseinandersetzung hinsichtlich die allgemeine Einrichtung der benutzten Apparate, komme ich zu den eigentlichen Gefrierpunktsbestimmungen der Lösungen von verschiedener Konzentration sowie des Lösungsmittels selbst, zu dem Zwecke, auch aus eigenen Beobachtungen die spezifische Depression des Kümmelöls zu ermitteln.

Weil für alle Lösungen immer nur 30 g. Aethylenbromid benutzt wurde, so musste die für grössere Quantitäten angefertigte Gefrierröhre enger gemacht werden; durch Ausziehung der unteren Hälfte in der Gebläseflamme

[1]) Ebenfalls zu beziehen bei Hugershoff. Leipzig. Katalog Liste I, 1910, pag. 182.

wurde der Durchmesser von 3 cm. bis auf 2 cm. herabgesetzt. Infolgedessen wurde die Flüssigkeitssäule des 30 g. Aethylenbromids in der Gefrierröhre genügend hoch, um die Quecksilberkugel des Beckmannthermometers vollständig untertauchen zu können.

Einer Menge von 30 g. Aethylenbromid wurden nun zuerst einige Tropfen destillierten Wassers zugefügt und danach der Gefrierpunkt bestimmt. Dann wurde in der Gefrierröhre eine genau abgewogene Quantität Kümmelöl — von E. Merck in Darmstadt — in Aethylenbromid gelöst, und nun auch von dieser Lösung der Gefrierpunkt abgelesen. Es wurde dieses nun noch fünfmal, mit verschiedenen Kümmelölquantitäten, wiederholt, so dass ich eine Reihe von Beobachtungen erhielt, die mit den von Beckmann mitgeteilten Angaben vergleichbar waren.

Meine Beobachtungen sind die folgenden:

Kümmelöl, in 30 g. feuchtem Aethylenbromid gelöst.	Beobachtete Gefrierpunktserniedrigung = Δ.	Berechnete spezifische Depression = C.
0.4808 g.	1.307°	0.815
0.6435 „	1.652°	0.770
0.9128 „	2.330°	0.766
0.4430 „	1.169°	0.792
0.6488 „	1.734°	0.802
0.7933 „	2.019°	0.766
		Mittelwert: 0.785

Im Obigen haben wir gesehen, dass Beckmann gefunden hat: C = 0.784. Die Uebereinstimmung ist also sehr befriedigend. Bei meinen Ölgehaltsberechnungen habe ich im Weiteren stets den von mir gefundenen Wert 0.785 beibehalten.

Der Wasserzusatz zum Aethylenbromid führte eine erhebliche Gefrierpunktserniedrigung herbei, die aber nicht

sehr schnell ihren Maximalwert erreichte. Der absolute Wert der Gefrierpunktserniedrigung ist selbstverständlich vom ursprünglichen Wassergehalte des Aethylenbromids abhängig. Erst mehr als eine halbe Stunde nach dem Wasserzusatz wurde der Gefrierpunkt konstant. Die folgenden Beispiele kann ich hier anführen:

1. Ich ging von zuvor destilliertem Aethylenbromid aus, das darauf noch 2 Tage im Schwefelsäureexsiccator getrocknet worden war. *Ohne Wasserzusatz* wurde mit einer Quantität von 30 g. der Gefrierpunkt bestimmt und zwar dreimal nacheinander. Das Thermometer zeigte an:

4.093
4.092
4.084

Mittelwert: 4.090

Nun wurden 2 Tropfen destillierten Wassers in die Gefrierröhre getröpfelt und wieder mehrere Male der Gefrierpunkt bestimmt. Das Thermometer gab nun an:

4.049
4.006
3.958
3.928
3.906
3.897
3.898 } Mittelwert: 3.899
3.894
3.900

Es wurden nun noch weiter 4 Wassertropfen hinzugefügt und wieder der Gefrierpunkt bestimmt, der nun aber nahezu konstant blieb. Die folgenden Gefrierpunkte wurden nämlich gefunden:

3.903
3.908
3.897

Es ergibt sich also, dass 2 Wassertropfen auf 30 g. Aethylenbromid ausreichend sind.

2. Ich nahm neues Aethylenbromid wie es von E. Merck—Darmstadt abgeliefert worden war; ohne Wasserzusatz fand ich die folgenden Gefrierpunkte:

	3.926
	3.930
	3.926
Mittelwert:	3.927

Nach Zusatze von 2 Tropfen Wasser zu den 30 g. Aethylenbromid gab das Thermometer die folgenden Gefrierpunkte an:

3.865	
3.856	
3.852	
3.850	
3.849	
3.846	
3.843	
3.830	Mittelwert: 3.830
3.823	
3.831	
3.836	

Die Punkte 3.906 im ersten Falle, und 3.830 im zweiten Falle wurden erst ungefähr drei Viertelstunden nach der Wasserzufügung erreicht. Erst dann konnte der Gefrierpunkt, stets vorkommende kleine Schwankungen in der Ablesung nicht mitgerechnet, als konstant betrachtet werden.

Dass schliesslich im 1. und 2. Falle nicht derselbe endgültige Gefrierpunkt erreicht wurde, hat hier weiter keine Bedeutung, weil die beiden Versuche an verschiedenen Tagen ausgeführt worden sind und ich in der Zwischenzeit nicht dafür gesorgt hatte, dass das Thermometer eingestellt bliebe.

Die hier angegebenen Gefrierpunkte weisen selbstredend

auch nicht die Temperatur an, bei der das Aethylenbromid gefriert (ungefähr + 8° C.), sondern sind nur relative Zahlen. Die absoluten Werte der Gefrierpunkte sind hier ganz ohne Bedeutung, weil wir nur mit Gefrierpunkts*erniedrigungen*, also mit *Differenzen* arbeiten.

Es erscheint mir erwünscht, noch einiges über die Ausführung der Gefrierpunktsbestimmungen zu sagen. Obwohl mancher denken könnte, dass ich mich dabei zuviel auf Einzelheiten einlasse, so glaube ich doch, dass derartige Mitteilungen von verschiedenen Manipulationen nicht überflüssig sind, namentlich für diejenigen, die eine ähnliche Untersuchung zu tun wünschen. Aus Erfahrung weiss ich, wie leicht das Vernachlässigen von Kleinigkeiten beim Arbeiten mit einem so empfindlichen Beckmannthermometer zu grossen Fehlern Anlass geben kann; ich möchte deshalb einem Jeden, der sich mit solchen Untersuchungen beschäftigen will, dringend empfehlen, Kenntnis zu nehmen von den verschiedenen Aufsätzen Beckmann's [1]) über diesen Gegenstand im *Zeitschrift für physikalische Chemie*, in denen mehrere nützliche Ratschläge zu finden sind.

An erster Stelle also ist es, ungeachtet aller Sorgfalt, immer notwendig, dass man sich nicht mit einer einzigen Bestimmung des Gefrierpunkts begnügt. Nach der ersten Thermometerablesung nimmt man die Gefrierröhre in der warmen Hand und bringt dadurch das gebildete Eis zum schmelzen, bestimmt sodann von neuem den Gefrierpunkt und so fort bis drei- oder zuweilen fünfmal. Meistens genügen wohl drei Bestimmungen; wenn die Gefrierpunkte aber einen „Gang" zeigen, — d. h. wenn die aufeinander folgenden Gefrierpunkte fortwährend höher, oder fortwährend niedriger werden — so ist es erwünscht, die

---

[1]) Vor allem: E. Beckmann. Beiträge zur Bestimmung von Molekulargrössen. VII. Zeitschrift für physikalische Chemie. 44. pag, 173. (1903).

Bestimmung noch ein- oder zweimal zu wiederholen. Von den sämtlichen Bestimmungen einer und derselben Lösung wird der Mittelwert berechnet und dieser als der gesuchte Gefrierpunkt betrachtet. Auf diese Weise habe ich die Gefrierpunkte, sowohl bei der eben besprochenen Bestimmung der spezifischen Depression, wie bei allen später zu erwähnenden Ölbestimmungen erhalten.

Alle Gefrierpunkte wurden bei steigendem Thermometergange bestimmt. Es wurde die Lösung zuerst vorsichtig bis *unter ihren Gefrierpunkt*, ohne Erstarrung abgekühlt; dieses gelingt am besten, indem man die Gefrierröhre mit Lösung, Thermometer und Platinrührer, mit dem unteren Ende in die im Batterieglase befindliche Kältemischung taucht. Ueber den Betrag der notwendigen Unterkühlung gehen die Meinungen auseinander; bei meinen Untersuchungen gefiel mir am besten eine Unterkühlung von 0.8°—1°; diese Grenzen wurden bei all meinen Bestimmungen genau innegehalten, denn eine Abänderung hierin würde auch eine Abweichung des abzulesenden Gefrierpunktes zur Folge haben. Dieses lässt sich leicht verstehen, wenn man nur bedenkt, dass, infolge des Ausfrierens des Lösungsmittels, die Konzentration des noch nicht erstarrten Teiles der Lösung erhöht, und also der Gefrierpunkt weiter erniedrigt wird. Wird also die Lösung weiter als den obengenannten Betrag untergekühlt, so wird beim Ausfrieren auch reichlichere Eisbildung stattfinden; bei geringerer Unterkühlung dahingegen wird ein geringeres Quantum des Lösungsmittels erstarren. Bei Beachtung der obengenannten Grenzen aber gefriert immer nahezu dieselbe Quantität des Lösungsmittels und demzufolge findet man einen besser konstanten Gefrierpunkt.

Auch die Temperatur des im Batterieglase befindlichen Kühlbades erfordert einige Sorgfalt; sie wurde immer zwischen + 5° und + 6° C. gehalten. Diese Temperatur wurde durch Lösung von Salmiak in Wasser im Stande

gehalten. Grössere Temperaturabweichungen des Kühlbades üben ebenfalls Einfluss auf den abzulesenden Gefrierpunkt, infolge einer reichlicheren oder geringeren Eisbildung in der, in der Gefrierröhre befindlichen Lösung.

Sobald nun die Lösung, ohne erstarrt zu sein, — was bei den von mir untersuchten Lösungen fast keine Schwierigkeiten bot — gut 0.8° unter ihren Gefrierpunkt abgekühlt war, wurde die Gefrierröhre schleunigst aus dem Kühlbade herausgenommen und schnell abgetrocknet; durch kurzdauerndes und heftiges Rühren mittels des Platinrührers wurde das Erstarren eingeleitet und unmittelbar danach die Gefrierröhre, vom Luftmantel umgeben, in das Kühlbad gesetzt, während der Platinrührer an der Schnur des mechanischen Rührwerkes verbunden und dieses in Tätigkeit gesetzt wurde. Mittels einer an einem Stativ befestigten Lupe wurde der Gang des Quecksilbers des Beckmannthermometers beobachtet.

Bei Beginn des Erstarrens der Lösung steigt der Quecksilberfaden erst schnell, dann langsamer, um schliesslich stehen zu bleiben, auch wenn leicht gegen das Thermometer geklopft wird. Nun wird der Stand des Meniskus abgelesen und sofort aufgezeichnet. Die Ablesung kann mit grosser Genauigkeit geschehen, weil wir hier einen Umkehrpunkt beobachten, denn nach kurzer Zeit beginnt der Quecksilberfaden zu sinken, infolge zunehmender Eisbildung in der Lösung.

Wenn all die genannten Vorsichtsmassregeln stets beachtet, und also bei allen Bestimmungen die Verhältnisse möglichst gleich gehalten werden, ist es nicht schwer, in den aufeinanderfolgenden Ablesungen des Gefrierpunktes einer und derselben Lösung eine Uebereinstimmung bis auf einige tausendstel Grade zu erzielen. Durch die Berechnung des Mittelwertes der gefundenen Zahlen, erhält man den Gefrierpunkt mit befriedigender Genauigkeit.

Das Ausfrieren der Lösung, nach der Unterkühlung,

kommt bei vielen Stoffen, namentlich bei wässrigen Lösungen, schwerlich zu Stande. Um das Erstarren einzuleiten muss man diesenfalls oft seine Zuflucht nehmen zum Impfen der Lösung mittels eines kleinen Eissplitterchens. Bei den Lösungen von Kümmelöl in Aethylenbromid ging das Ausfrieren aber immer sehr leicht von statten, ohne Impfung; heftiges Rühren genügte stets um die Erstarrung einzuleiten. Wohl aber musste immer darauf acht gegeben werden, ob die Eisbildung einen normalen Verlauf nahm. Denn zuweilen fand die Kristallbildung nicht überall gleichmässig durch die ganze Flüssigkeit statt, sondern setzten sich nur an der Wand der Gefrierröhre lange Kristallnadeln fest, die schnell wuchsen und bald einen Eismantel an der Wand bildeten. Weil eine derartige, unvollständige Eisbildung immer einen erheblich abweichenden Gefrierpunkt liefert, wurde im solchen Falle die Gefrierung unterbrochen, das Eis wieder völlig, durch die Handwärme, aufgetaut und die Bestimmung wiederholt.

Auch ereignete es sich zuweilen, dass die Lösung schon während der Unterkühlung auszufrieren begann, meistens in der eben beschriebenen Weise, mit Eisnadelbildung gegen die Glaswand. Bald war dieses die Folge eines zufälligerweise gegen die Gefrierröhre gegebenen Stosses, bald aber unerklärlich. Es musste dann selbstverständlich die Abkühlung unterbrochen und das Eis wieder aufgetaut werden. Durch vorsichtiges Abkühlen konnte dann meistens einem vorzeitigen Gefrieren vorgebeugt werden. Einige Male aber gelang dieses auch bei den besten Vorsichtsmassregeln nicht und da habe ich meine Zuflucht genommen zu einer neuen gründlichen Reinigung der Gefrierröhre, des Platinrührers und der Quecksilberkugel des Thermometers. Weil dann das Unterkühlen einen normalen Verlauf hatte, so glaube ich, dass kleine Unreinheiten, wie Faserchen oder Stäubchen, zu der Störung Anlass gegeben haben.

V. KAPITEL.

Die Dampfdestillation.

---

§ 1. *Verbesserung der Methode.*

Wir haben im Vorhergehenden schon gesehen, wie Beckmann das feingemahlene, in einer Filtrierpatrone in der Destillationsröhre befindliche Gewürz mittels überhitzten Dampfes von dem ätherischen Öle befreite; aber auch, dass aus seinen Angaben nicht zu entnehmen ist, wie gross die hierbei erzielte Genauigkeit war.

Weil ich aber von vornherein fast mit Sicherheit annehmen konnte, dass ich bei der Untersuchung verschiedener Kümmelposten mit verhältnismässig kleinen Gehaltsunterschieden zu schaffen haben würde, so war es an erster Stelle notwendig, die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse dieser Ölbestimmungsmethode zu prüfen. Wenn es sich dann zeigen würde, dass die Beobachtungsfehler zu gross wären, so müsste entweder diese Methode verfeinert, oder eine neue Methode gesucht werden.

Es war nun also meine erste Aufgabe, mir eine Reihe von Gefrierpunktsbestimmungen von Extrakten aus einer genügenden Anzahl Portionen eines bestimmten Kümmelpostens zusammenzustellen. Die Uebereinstimmung der Gefrierpunkte all dieser Extrakte würde sodann ein Bild der Empfindlichkeit dieser Methode geben.

Das Kümmelmaterial, dass hierzu benutzt werden sollte, musste natürlich vorher sehr vollständig gemischt werden;

erst dannach durften mit äusserster Sorgfalt daraus Muster von 5 g. genommen werden. Es wurde zu diesem Zwecke etwa 1 kg., durch Wannen und Sieben gut gereinigte Kümmelfrüchte auf einem Tische ausgebreitet, mittels eines dünnen Brettchens oder einer Glasplatte öfters umgeschaufelt und durcheinandergemischt und schliesslich zu einem länglichen Haufen angesammelt. Dann wurde dieser Haufen halbiert, indem die Glasplatte in vertikaler Stellung quer durch denselben geschoben wurde. Die eine Hälfte des Kümmelhaufens wurde nun beiseite geschoben, die andere Hälfte aber zuerst wiederum gut gemischt — wie vorher die ganze Quantität — und darauf wieder in derselben Weise halbiert. Dieses wurde so lange fortgesetzt, bis dass nach dem Halbieren nur eine Portion von gut 5 g. übrig blieb.

Dieses umständliche Verfahren hatte zum Zwecke, der Entmischung des Materials vorzubeugen, welche sehr leicht stattfindet, indem die kleinsten Früchtchen nach unten sinken. Wenn man, wie ich häufig gesehen habe, mit einem Löffelchen an verschiedenen Stellen kleine Mengen der Samen aus einer ausgebreiteten Partie nimmt und dieselben dann zum zu untersuchenden Muster zusammenfügt, so besteht grosse Gefahr, dass dieses Muster kein richtiges Bild der ganzen Partie gibt. Die von mir gefolgte Methode muss, meiner Meinung nach, deshalb unbedingt den Vorzug haben, weil dieselbe eine mehr mechanische ist und also eine unbewusste Auswahl, Willkür oder Gewandtheit keinen Einfluss ausüben. Die letztgenannten drei Faktoren können sowohl zu einer zu grossen Uebereinstimmung der verschiedenen Muster, zusammengehend mit einem konstanten Fehler (scheinbare Genauigkeit), wie zu grossen gegenseitigen Abweichungen Anlass geben.

Die Kümmelprobe von gut 5 g. wurde nun feingemahlen, damit die Ölbehälter soviel wie möglich geöffnet würden. Bei der Destillation kann der Dampf dann überall hineindringen und zudem findet nachher die Extraktion mittels

Aethylenbromid leichter und vollständiger statt. Zum Mahlen wurde stets eine kleine Mühle benutzt, ein Amerikanisches Fabrikat: Enterprise M. F. 'G. Co., Phila. U. S. A. No. 0. Dieses Werkzeug besitzt den Vorzug, dass es sehr bequem auseinander genommen werden kann zur Reinigung und dass das Mahlwerk beim Gebrauch immer gleich scharf bleibt, weil es sich selbst schleift. Die Kümmelfrüchte wurden erst grob gemahlen und danach fein; das grobe Vormahlen ist notwendig, um dem Quetschen und Festkleben des Materials zwischen den Zähnen der Mahlscheibe und einer zu grossen Erhitzung des Pulvers vorzubeugen.

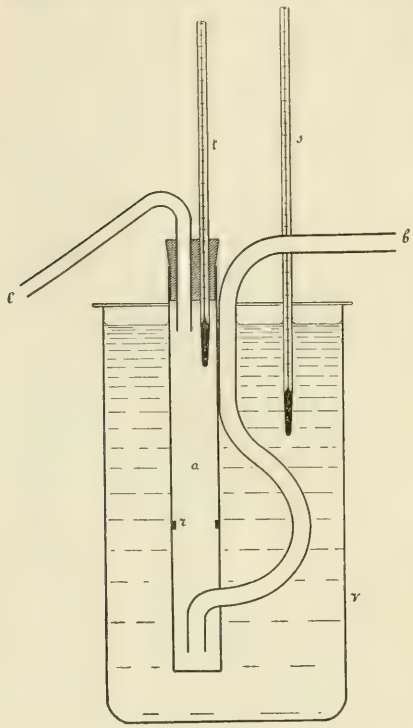


Fig. 17.· Destillationsröhre. Erklärung im Texte.

Sofort nach dem Mahlen wurde möglichst rasch genau 5 g. des Pulvers abgewogen und in eine Filtrierpatrone geschüttet, die oben mit einem losen Wattebausch geschlossen wurde.

Anstatt einer zylindrischen gläsernen Röhre, in der beim Beckmann'schen Apparate die Filtrierpatrone hing, benutzte ich als Destillationsröhre einen Messingzylinder, welcher auf dieselbe Weise eingerichtet war *(Fig. 17)*. Die Länge des Zylinders *a* ist 21.5 cm., der Durchmesser 2.3 cm.; der

Durchmesser des zur Dampfzufuhr dienenden Seitenrohrs *b* 9 mm. Das Seitenrohr endet etwa 1 cm. über der Mitte des Zylinderbodens.

In einer Höhe von 7.5 cm. über dem Boden, bei *r*, ist in *a* ein aus zwei Kupferstäbchen bestehendes Kreuz horizontal befestigt, auf dem die Filtrierpatrone ruht, damit sie nicht zu weit nach unten sinke. Die Destillationsröhre *a* ist oben mit einem Korke abgeschlossen durch den die zum Kühler leitende Abführungsröhre *c* und das Thermometer *t* treten.

Der ganze Apparat hängt in einem mit flüssigem Paraffin (Paraffinum liquidum) gefüllten zylindrischen Gefässe, das durch einen Zinkdeckel geschlossen wird. Das Thermometer *s* dient zur Kontrolle der Temperatur des Paraffins, die auf 140° C. gehalten wird.

Die Filtrierpatrone mit Kümmelpulver wurde nun in den Zylinder *a* gebracht, dieser sofort geschlossen und dann der Dampf durch die Röhre *b* zugelassen. Bei Beginn der Destillation kondensierte ein Teil des Dampfes im noch kalten Kümmelpulver; bald aber hatte dieses eine so hohe Temperatur erreicht, dass all das Wasser wieder verdampfte und das Pulver trocken wurde. Der Dampf hatte nach dem Passieren der Filtrierpatrone in kurzer Zeit eine Temperatur von 125°—130°.

Im Kühler war die Ausscheidung des ätherischen Öls sehr deutlich sichtbar. Es kondensiert im Kühler eher als der Dampf und ist auch weiter fortwährend sichtbar als kleine, ölartige, auf dem Wasser schwimmende Tropfen. Der Geruch des Destillats ist ziemlich unangenehm, namentlich im Anfange der Destillation; der Geschmack ist brennend.

Nach ungefähr 40 bis 50 Minuten Destillieren zeigten sich keine Öltropfen mehr im Kühler und war das Destillat nahezu geruchlos und völlig geschmacklos. In der Kühlerröhre aber befand sich gegen die Glaswand ein grauer Anflug, von dem dann und wann auch etwas mit dem

Destillationswasser mitgeführt und im Destillat aufgefangen wurde. Es sah dieser Stoff ganz anders aus als die ätherischen Öltropfen im Kühler.

Weil das Pulver nach beendeter Destillation völlig trocken war, so dass es gleichwie trockener Sand aus der Filtrierpatrone geschüttet werden konnte, wurde es sofort in ein Erlenmeyerkölbchen von 50 cc. Inhalt geschüttet und 30 g. Aethylenbromid hinzugefügt. Das Pulver blieb auf der schweren Flüssigkeit treiben; es wurde das Kölbchen deshalb dann und wann geschüttelt oder mit einem dünnen Glasstäbchen umgerührt.

Von diesem selben Kümmelmateriale wurden in gleicher Weise zwölf Portionen von 5 g. behandelt und alle auch gleich lange mit Aethylenbromid extrahiert; alle Kölbchen blieben 3 Tage bei gewöhnlicher Zimmertemperatur stehen. Zur Extraktion genügt dieses vollständig. Beckmann extrahierte sogar nur während eines Tages, und er behauptet dass 8 bis 10 Stunden schon genügen.

Nach einer dreitägigen Extraktion also wurde der Inhalt eines jeden Kölbchens durch einen Wattebausch, mit Hilfe einer Wasserstrahlluftpumpe, filtriert, wobei zudem das Pulver kräftig ausgepresst wurde, um möglichst wenig Aethylenbromid zu verlieren. Das Filtrat war trübe, und gelb gefärbt; nach Hinzufügung von 3 Tropfen destillierten Wassers wurde es noch während einer Nacht stehen gelassen. Darauf wurden die Gefrierpunkte bestimmt.

Vor der Gefrierpunktsbestimmung filtrierte ich die Lösung nochmals, und zwar jetzt durch Filtrierpapier. Ich setzte den Trichter mit dem Filter auf die Gefrierröhre und liess die Wasserstrahlluftpumpe an dem seitlichen Stutzen saugen. Das Filtrat war sodann vollständig klar und schön gelb gefärbt [1]).

---

[1]) Unbedingt notwendig ist dieses Filtrieren nicht; es gab aber den Vorteil, dass sowohl das Unterkühlen wie das Erstarrenlassen viel weniger Schwierigkeiten bot, sodass schliesslich die Bestimmung der Gefrierpunkte weniger Zeit in Anspruch nahm.

Die 12 Extrakte gaben nun die folgenden Gefrierpunkte (jeder Gefrierpunkt ist berechnet als der Mittelwert einiger Beobachtungen, wie ich oben schon mitgeteilt habe):

Extrakt.	Gefrierpunkt [1]).	Abweichung vom Mittelwert in 0.001°.	Quadrat der Abweichung.
No. 1	3.623	— 28	784
2	.636	— 15	225
3	.696	+ 45	2025
4	.644	— 7	49
5	.639	— 12	144
6	.647	— 4	16
7	.656	+ 5	25
8	.669	+ 18	324
9	.636	— 15	225
10	.649	— 2	4
11	.658	+ 7	49
12	.657	+ 6	36
	Mittelwert 3.651		Summe = 3906

Zur Ermittelung des *mittleren Fehlers* der einzelnen Gefrierpunktsbestimmung gebe ich in obenstehender Tabelle zudem die Abweichungen der beobachteten Gefrierpunkte von dem Mittelwert [2]) der zwölf Beobachtungen, und daneben die Berechnung der Quadratensumme dieser

[1]) Die Zahlen in dieser Spalte stellen selbstredend nur relative Grössen vor, sowie sie auf der Thermometerskale abgelesen wurden. Hinsichtlich des absoluten Werte des Gefrierpunktes des Extraktes können wir hieraus nichts schliessen, weil das Thermometer nicht vorher mit einem Normalthermometer verglichen war. Es ist aber für unsern Zweck auch ganz ohne Bedeutung.

[2]) Dadurch dass dieser Mittelwert bei der Berechnung abgerundet worden ist, entspricht die Spalte der Abweichungen nicht völlig der Anforderung, dass die Summe der Abweichungen gleich 0 sein muss. Dieser geringe Unterschied hat aber keinen Einfluss auf das Resultat.

Abweichungen. Weil der gesuchte mittlere Fehler $= \pm \sqrt{\frac{\Sigma d^2}{n-1}}$ ist, wenn d die Abweichung eines Gefrierpunktes vom Mittelwerte, Σd^2 die Summe der Quadrate aller Abweichungen und n die Anzahl der Beobachtungen andeutet, so finden wir hier:

der mittlere Fehler einer Gefrierpunktsbestimmung $= \pm \sqrt{\frac{3906}{11}} = \pm \sqrt{355} = \pm 18.8$, oder, weil dieser Wert in tausendstel Graden ausgedrückt ist:

der *mittlere Fehler der Gefrierpunktsbestimmung* $= \pm 0.019°$ [1]).

Weil die gegenseitige Abweichungen der Gefrierpunkte bei den Extrakten des *ausdestillierten* Kümmels viel grösser waren, als bei den Extrakten des frischen, *nicht ausdestillierten* Materials, das übrigens in derselben Weise extrahiert war, so musste die Ursache hiervon offenbar in der Destillation zu suchen sein. Die Frage drängte sich mir auf: gibt es vielleicht in dem Destillat Anweisungen, die auf Unregelmässigkeiten in der Destillationsweise hindeuten? Wenn nämlich die Dampfdestillation in richtiger Weise ausgeführt würde, so dürfte man doch erwarten, dass das aufgefangene Kümmelöl nahezu dem Produkte entspräche, das bei der fabrikmässigen Herstellung des Kümmelöls erhalten wird. Das Verhältnis vom Carvon zum Limonen im Destillate dürfte sodann nicht zuviel abweichen von jenem, welches, wie wir im Obigen schon gesehen haben, aus der Literatur bekannt ist. Nach den

---

[1]) Der *mittlere Fehler* („standard deviation") soll sorgfältig unterschieden werden von den Begriffen: wahrscheinlicher Fehler und durchschnittlicher Fehler. Diese Begriffe werden häufig miteinander verwechselt. Klare Darlegungen dieser Sachen sind zu finden in:

Ostwald—Luther. l. c.

Kohlrausch. Lehrbuch der praktischen Physik.

Johannsen. Elemente der exacten Erblichkeitslehre.

Angaben verschiedener Autoren schwankt der Carvongehalt des Kümmelöls zwischen 45 und 65 %.

Viele Wege um das Destillat zu prüfen standen hier selbstverständlich nicht offen. Auch war ich in den Mitteln sehr beschränkt durch die geringe Quantität des benutzten Materials. Aus einer Kümmelprobe von 5 g. können nur einige Tropfen Kümmelöl erhalten werden, jedenfalls nicht ausreichend für eine Bestimmung des spezifischen Gewichtes, aus welchem gewöhnlich der Carvongehalt ermittelt wird. Der richtige Weg war hier wohl die Bestimmung des *Lichtbrechungsverhältnisses* des aufgefangenen Kümmelöls und nachherige Vergleichung mit Kümmelöl von bekannter Zusammensetzung.

Es ist dieses leicht zu machen mit Hilfe des *Universal-Refractometers* von Abbe, denn bei diesem Apparate sind nur ein paar Tropfen Flüssigkeit erforderlich um den Brechungsindex bis auf die 4. Dezimale bestimmen zu können.

Es war nun selbstredend notwendig, die Brechungskoeffizienten von Carvon-Limonen-Gemischen in verschie-

Carvon in mg.	Carvon + Limonen in mg.	Carvongehalt des Gemisches.	Brechungskoeffizient $n_{D20°}$ des Gemisches.
—	Reines Carvon	100 %	1.4976
907 mg.	1019 mg.	89.0	1.4948
801	1002	79.9	1.4922
701	1006	69.7	1.4897
600	1000	60.0	1.4872
517	1006	51.4	1.4851
409	1001	40.9	1.4823
305	1003	30.4	1.4799
212	1007	21.1	1.4776
100	1015	9.9	1.4751
—	Reines Limonen	0.0	1.4730

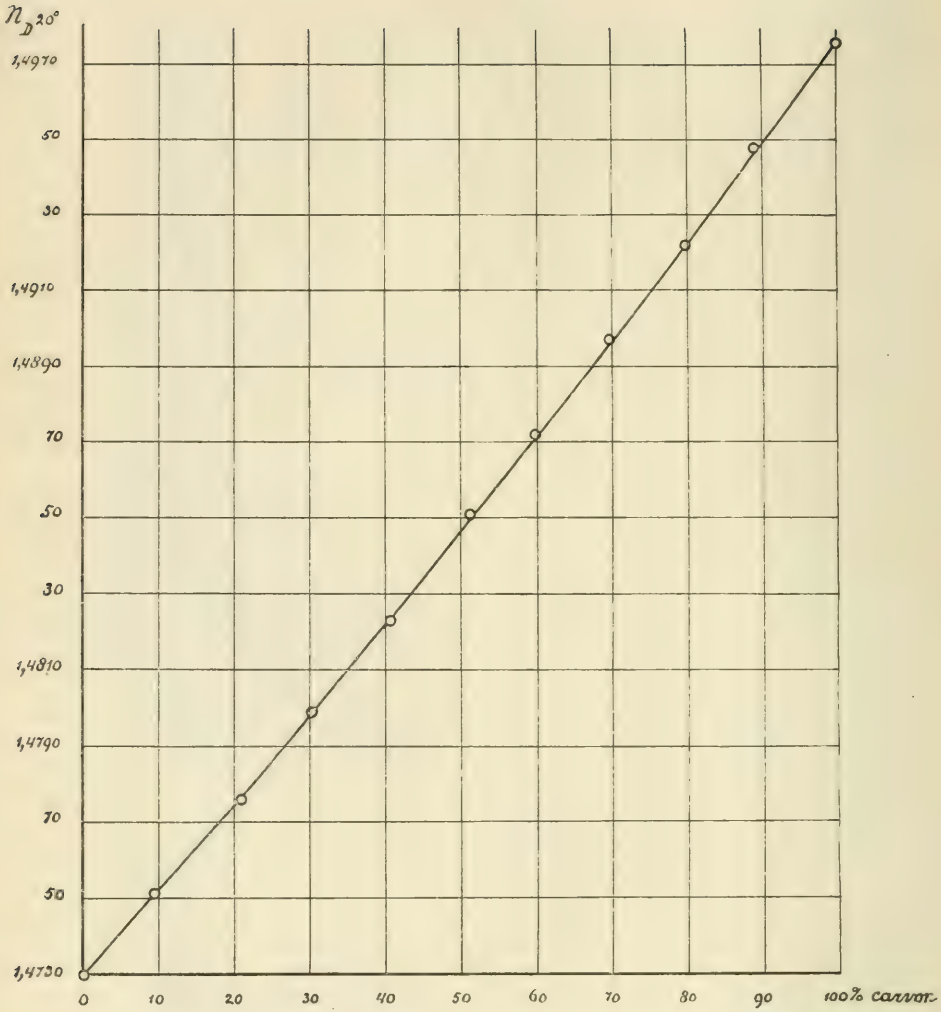


Fig. 18. Brechungskoeffizientenkurve der Carvon-Limonen-Gemische.

denen Mischverhältnissen kennen zu lernen. In umstehender Tabelle gebe ich hiervon eine Uebersicht. Das Carvon und Limonen waren bezogen bei der Firma Schimmel

& Co. in Leipzig. Alle Bestimmungen gelten bei der Temperatur von 20° C. (Die Prismen des Refractometers wurden auf dieser Temperatur erhalten mittels durch dieselben hindurch fliesenden Wassers, das durch einen kleinen Heinrici-Heissluftmotor aus einem Thermostaten zugeführt wurde).

In der nebenstehenden *Fig. 18* findet man diese Ergebnisse übersichtlicher in einer Kurve wiedergegeben.

Auch mit Carvon und Limonen von Kahlbaum in Berlin, habe ich diese Bestimmungen wiederholt, mit nahezu denselben Ergebnissen. Das Carvon dieser Bezugsquelle hatte einen Brechungskoeffizient $n_{D^{20°}} = 1.4978$; das Limonen: $n_{D^{20°}} = 1.4728$. Die Differenz in Bezug auf das Material von Schimmel ist also unbedeutend und wird überdies zum Teil der Ungenauigkeit der Beobachtungen zuzuschreiben sein, denn die Refractometer-Ablesung ist nur bis auf 2 Einheiten der 4. Dezimale genau. Übrigens wich die Kurve des Kahlbaum'schen Materials fast gar nicht von der hier abgebildeten ab. Im Folgenden habe ich nur die mit dem Schimmel'schen Materiale erhaltenen Ergebnisse benutzt.

Wenn nun der Brechungskoeffizient eines aufgefangenen Kümmelöls bestimmt worden war, so wurde aus jener Kurve der entsprechende Carvongehalt abgelesen.

Zum Vergleich mit dem Kümmelöle des Handels teile ich hier mit, dass Kümmelöl, als „oleum carvi, e semin. hollandicis" von Merck in Darmstadt bezogen, einen Brechungskoeffizient besass von $n_{D^{20°}} = 1.4866$; nach unserer Kurve enthielt es also 57.5 % Carvon.

Von einem Posten gut gereinigter Kümmelfrüchte wurden nun, nach der oben beschriebenen Methode, mehrere Portionen von 5 g. unter möglichst gleichen Verhältnissen ausdestilliert, indem das Destillat aufgefangen wurde in einen Glaszylinder von 18 mm. Durchmesser und 20 cm. Höhe, der mit Wasser gefüllt war und eine enge Seiten-

röhre trug, nach dem Prinzip der Florentiner Flasche *(Fig. 19)*. Das Destillationswasser konnte also aus der Seitenröhre *a* abfliessen, während das Kümmelöl *b* sich auf dem Wasser *w* ansammelte.

Das ätherische Öl wurde mittels einer Pipette aufgehoben und in das Refractometer gebracht.

Von mehreren dieser Destillationen werde ich hier einige besprechen. Die Temperatur des Paraffinbades war in all diesen Fällen 140° C. Die Dauer der Destillation aber war verschieden; meistens wurde sie mehr als eine Stunde fortgesetzt, bis gar kein ätherisches Öl mehr im Destillate nachzuweisen war; in anderen Fällen aber wurde die Destillation nach einer halben Stunde eingestellt, obwohl ich alsdann nicht völlig davon überzeugt war, dass kein ätherisches Öl mehr herüberging. (Vergl. die nebenstehende Tabelle.)

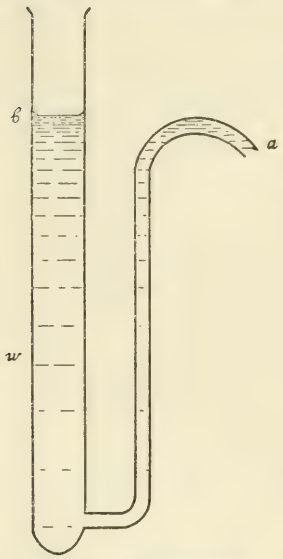


Fig. 19. Abgeänderte Florentiner Flasche.

Der Carvongehalt des Kümmelöls zeigte sich hier also viel niedriger als bei einer richtigen Destillation zu erwarten war. Der höchste hier gefundene Gehalt war nur 27.5 %; es war also mehr als wahrscheinlich, dass dieser Methode ein Fehler anhaftete. Auch die gegenseitige Abweichungen der gefundenen Refractionen waren viel zu gross.

Es wäre nun auch möglich, dass das Kümmelöl auf diese Weise überhaupt nicht ohne Zersetzung destilliert werden könnte. Jedenfalls musste dieses untersucht werden. Um den Einfluss des überhitzten Dampfes auszuschliessen, wurde nun ein Carvon-Limonen-Gemisch, mit einem

Herkunft des Kümmels.	Dauer der Destillation.	Brechungskoeffizient $n_{D^{20°}}$ des aufgefangenen Kümmelöls.	Carvongehalt des aufgefangenen Kümmelöls.
Versuchsfeld in Wageningen, 1910	1 Stunde	1.4783	22.5 %—25.0 %
	1 „	86	
	2 Stunden	83	
	50 Minuten	80	
	30 „	83	
Dinteloord, 1910	75 „	67	17.0 %—27.5 %
	75 „	78	
	75 „	67	
	75 „	92	
	30 „	76	
	30 „	68	
	30 „	74	
De Streek, 1910	75 „	51	7.5 %—18.0 %
	75 „	52	
	75 „	46	
	30 „	65	
	30 „	65	
	30 „	70	
Haarlemmermeer, 1910	75 „	67	10.0 %—22.0 %
	75 „	52	
	30 „	79	
	30 „	66	
	30 „	67	

Brechungskoeffiziente 1.4796, vorsichtig in einem Kohlendioxydstrome überdestilliert aus einem Kölbchen, das in einem Bade von 130° stand. Nach Beendigung der Destillation hatte das Destillat den Brechungskoeffizient 1.4789. Das Kölbchen war nach der Destillation nicht trocken, sondern zeigte einen Anflug gegen die Wand.

Eine zweite Quantität von 2 g. des ebengenannten Gemisches wurde nun in derselben Weise, aber mit überhitztem Dampfe, destilliert. Diese Quantität war in 15 Minuten abdestilliert, während nun die Refraction nur bis 1.4793 sank. Eine Wiederholung mit einem Gemische von $n_{D^{20°}} = 1.4883$ gab eine noch geringere Erniedrigung, nämlich 1.4882 [1]).

Es zeigte sich also, dass eine Dampfdestillation unter diesen Verhältnissen möglich war, ohne nennenswerte Veränderung in der Zusammensetzung des ätherischen Öls.

Wenn ich nun aber eine kleine Quantität Kümmelöl, in einem Wattebausch, in die Filtrierpatrone meines Destillationsapparates brachte, und darauf mit überhitztem Dampfe abdestillierte, so erniedrigte sich die Refraction wieder erheblich; in 3 Fällen z. B.:

1.: von 1.4798 bis auf 1.4768.
2.: „ 1.4885 „ „ 1.4857.
3.: „ 1.4929 „ „ 1.4904.

(Der Dampf wurde überhitzt mittels des Dampfüberhitzers nach Möhlau; das Paraffinbad hatte eine Temperatur von 140°; nach 20 Minuten destillierte kein ätherisches Öl mehr über.)

Die Einrichtung des Destillationsapparates war also offenbar die Ursache der Abweichungen.

Eine Besserung war zu finden in der Richting einer *schnelleren Destillation*, wie sich ergab aus einigen Versuchen, wobei Carvon-Limonen-Gemische aus einem Kölbchen destilliert wurden. Wenn eine kleine Menge in kurzer Zeit überdestillierte, veränderte sich der Brechungskoeffizient nicht; bei einer grösseren Menge, die längere Zeit erforderte, erniedrigte sich die Refraction.

Ich beschloss deshalb, den Destillationsapparat in der

[1]) Es wurden diese letzten Destillationsversuche vorgeschlagen und ausgeführt von Herrn J. H. Aberson in Wageningen, dem ich dafür auch an dieser Stelle meinen besten Dank sage.

Weise abzuändern, dass der Dampf möglichst vollständig mit dem ätherischen Öl in Berührung kommen könnte.

Anstatt der bisjetzt benutzten Filtrierpatrone wurde ein *gerade in der Destillationsröhre passendes* Kupferzylinderchen angefertigt, mit einem Boden aus sehr feiner, selbst die kleinsten Teilchen des gemahlenen Kümmelpulvers nicht durchlassender, Kupfergaze. Das Zylinderchen konnte oben ebenfalls mit einem Deckelchen aus derselben Kupfergaze geschlossen werden.

Die Höhe des Zylinderchens war 7 cm., der Durchmesser 22 mm. Der mit einem Henkel versehene Deckel konnte, mittels einer Bajonettschliessung, bequem aufgesetzt und entfernt werden. Auf den Gazeboden wurde zur grösseren Sicherheit noch ein Stückchen äusserst feines Nesseltuch gelegt; die Gefahr vor dem Hindurchfallen der feinsten Pulverteilchen wurde dadurch noch erheblich verringert.

Weil das Zylinderchen gerade in der Destillationsröhre passte, und überdies noch mit dem Rande seines Bodens auf einem horizontalen, in der Destillationsröhre befestigten, Ringe ruhte, hatte der zugeführte Dampf nur einen einzigen Ausweg, nämlich durch das Zylinderchen hindurch.

Diese Abänderung zeigte sich sofort als eine grosse Verbesserung; denn die Refractionserniedrigung war nun nicht nur *sehr gering*, sondern zudem genügend *konstant*. Als Beispiele seien die folgenden Versuche erwähnt:

Eine Quantität von $\frac{1}{4}$ g. (etwa die in 5 g. Kümmelfrüchte enthaltene Quantität) eines Carvon-Limonen-Gemisches, mit einem Brechungskoeffizient 1.4869, wurde in das mit Asbestwolle [1]) gefüllte Zylinderchen getröpfelt und dann mit überhitztem Dampfe abdestilliert. Das Paraffinbad war erhitzt bis 150° C.; der Dampf hatte in der Destillationsröhre eine Temperatur von 140°—150° C.

[1]) Die Asbestwolle diente nur zur Aufnahme des ätherischen Öls und Verteilung desselben über eine grosse Oberfläche.

In 3 Minuten war nun die Destillation fertig. Dieser Versuch wurde noch viermal wiederholt und dann der Brechungskoeffizient der Destillate bestimmt. Das Ergebnis war:

$n_{D^{20°}}$ von No.	1 =	1.4862
	2 =	63
	3 =	64
	4 =	63
	5 =	62
	Mittelwert =	1.4863

Die Asbestwolle wurde nun durch Glaspulver ersetzt und der Versuch wiederholt. Der Mittelwert der Brechungskoeffizienten blieb derselbe, nämlich:

$n_{D^{20°}}$ von No.	1 =	1.4862
	2 =	64
	3 =	64
	4 =	64
	5 =	61
	Mittelwert =	1.4863

Um nun zu ermitteln, ob das Kümmelpulver selbst eventuell einen Einfluss auf die Destillation ausübte, wurde das Zylinderchen mit vorher möglichst vollständig ausdestilliertem Kümmelpulver gefüllt. In dieses wurde nun $\frac{1}{4}$ g. des obengenannten Carvon-Limonen-Gemisches getröpfelt und dann in der eben erörterten Weise abdestilliert. Auch jetzt war die Destillation nach 3 Minuten fertig. Die Brechungskoeffizienten betrugen nun:

$n_{D^{20°}}$ von No.	1 =	1.4861
	2 =	63
	3 =	63
	4 =	63
	5 =	64
	Mittelwert =	1.4863

Der Mittelwert blieb also auch jetzt konstant. In all diesen Versuchen also eine Refractionserniedrigung, aber

immer im gleichen Betrage, nämlich: 0.0006. Nach der obengenannten Brechungskoeffizientenkurve entspricht diese Refractionsdifferenz nur einem Carvongehaltsunterschied von *2.5* %.

Wir dürfen also aus Obigem schliessen, dass es möglich ist, durch die Bestimmung des Brechungskoeffizienten des abdestillierten Kümmelöls einen Urteil über dessen Carvongehalt zu bekommen. Die gefundenen Werte sind immer etwas zu klein, aber die Differenzen sind konstant.

Eine Vergleichung verschiedener Kümmelpartien nach dem Carvongehalt ist also ohne Zweifel möglich.

Durch die grosse Uebereinstimmung der Ergebnisse der verschiedenen Destillationsreihen mit einem und demselben Gemische, wurde das Vertrauen zu der Destillationsmethode natürlich erheblich verstärkt. Wir werden weiter unten sehen, wie gross der Einfluss der Abänderung der Methode auf die Ergebnisse war. Nicht allein konnte jetzt die Qualität des ätherischen Öls mit genügender Sicherheit bestimmt werden, sondern auch die Gefrierpunkte der Extrakte stimmten besser überein.

Destillationsproben mit *frisch gemahlenem Kümmelpulver* zeigten nun die folgende Verbesserung des Destillats. Nach der alten Methode, unter Benutzung der Filtrierpatrone, wurden nach 50 Minuten Destillierens die folgenden Brechungskoeffizienten erhalten:

$n_{D^{20°}}$ von No.	1 =	1.4786
	2 =	800
	3 =	789
	4 =	790
	5 =	791

Mittelwert = 1.4791, einem Carvongehalt von 27.0 % entsprechend.

Nach der neuen Methode mit dem Kupferzylinderchen gab derselbe Kümmel, bei einer Destillationsdauer von 7 bis 8 Minuten, die folgenden Refractionen:

$n_{D^{20°}}$ von No. 1 = 1.4850
2 = 50
3 = 50
4 = 51
5 = 47

Mittelwert = 1.4850, nach der Brechungskoeffizientenkurve einem Carvongehalt von 51.5 % entsprechend.

Ich kann zwar nicht mit Sicherheit die Ursache der Refractionserniedrigung bei jener ursprünglichen Destillationsmethode angeben, jedoch glaube ich, dass man sie, wenigstens teilweise, Zersetzungsprodukten von in den Früchten vorhandenen Stoffen zuschreiben muss. Schon im Vorhergehenden habe ich von einem Destillationsprodukt gesprochen, das sich bei einer lange dauernden Dampfdestillation immer als ein grauer Anflug im Kühler bemerkbar machte, und von welchem gewöhnlich ein Teil in das aufgefangene Kümmelöl überging. Dieser Anflug sah unter dem Mikroskop emulsionsartig aus; auf Papier gab er einen deutlichen Fettflecken, der bei Erwärmung nicht verschwand, im Gegensatz zu dem von Kümmelöl stammenden Flecken. In kaltem Alkohol löst sich der Anflug nicht oder sehr schwer; schnell aber in Aether. Eine Alkanninlösung gab eine intensiv rote Färbung; Osmiumsäure 1 % gab eine schwarze Farbenreaction.

Durch besonders zu diesem Zwecke angestellte Versuche, bei denen dieser Anflug sowohl im Destillat, wie auch in $\frac{1}{4}$ g. Kümmelöl von bekanntem Brechungskoeffiziente aufgefangen wurde, konnte festgestellt werden, dass die Zersetzungsprodukte einen erniedrigenden Einfluss auf den Brechungskoeffizient ausüben. Wenn der Anflug während 10 Minuten aufgefangen wurde, so sank der Brechungskoeffizient um 0.0010.

Aus allem im Obigen mitgeteilte ergibt sich also, dass die Dampfdestillation möglichst schnell verlaufen muss,

dass das ätherische Öl ausgetrieben sein muss vor dem Auftreten von Zersetzungsprodukten, und dass die letzteren keinesfalls in das Destillat aufgefangen werden dürfen.

§ 2. *Bestimmung der Beobachtungsfehler.*

Die Verbesserungen der Destillationsmethode anwendend, habe ich von neuem eine Reihe von Gefrierpunktsbestimmungen ausgeführt, um den jetzt zu erreichenden Uebereinstimmungsgrad der verschiedenen Extrakte eines und desselben Kümmelpostens zu ermitteln. Auch jetzt dienten hierzu, gleichwie schon früher, zwölf Extrakte aus ausdestillierten Portionen von 5 g. Früchte. Das Ziehen der zwölf Muster von je 5 g. geschah mit vieler Sorgfalt. Es wurde in gewöhnlicher Weise gemahlen. Die Dampfdestillation war jedesmal nach ungefähr $3^1/_2$ Minuten fertig; es war sodann kein ätherisches Öl mehr im Destillate nachzuweisen, und es zeigten sich die ersten Tropfen des oben erwähnten grauen Anflugs. Das ätherische Öl jeder Portion wurde gesondert aufgefangen. Das Paraffinbad hatte eine Temperatur von 150° C.; der Dampf wurde von jetzt an mittels eines Ueberhitzers nach Heizmann überhitzt, wodurch die Temperatur in der Destillationsröhre während jeder Destillation von etwa 130° bis zu 145° C. anstieg.

Das ausdestillierte Pulver wurde während 11 Tage mit 30 g. Aethylenbromid bei Zimmertemperatur, im Dunkeln, ausgezogen. Jeden Tag wurden die Extraktionskölbchen einmal kräftig mit einem dünnen Glasstabe umgerührt.

Nach 11 Tagen wurde der Inhalt eines jeden Kölbchens durch Watte filtriert. Drei Tropfen destilliertes Wasser wurden dem Filtrat hinzugefügt, das nun noch während einer Nacht stehen blieb. Am folgenden Tage wurde es durch ein Papierfilter filtriert und danach der Gefrierpunkt bestimmt.

Die Ergebnisse waren nun die folgenden:

No. der Extrakte.	Gefrierpunkte.	Abweichungen vom Mittelwerte in 0.001°.	Quadrate der Abweichungen.
No. 1	3.879	— 5.6	31.36
2	879	— 5.6	31.36
3	889	+ 4.4	19.36
4	83	— 1.6	2.56
5	88	+ 3.4	11.56
6	90	+ 5.4	29.16
7	79	— 5.6	31.36
8	86	+ 1.4	1.96
9	86	+ 1.4	1.96
10	88	+ 3.4	11.56
11	84	— 0.6	0.36
12	84	— 0.6	0.36
	Mittelwert: 3.8846		Summe = 172.92

Der mittlere Fehler der Gefrierpunktsbestimmung ist also $= \pm \sqrt{\frac{172.92}{11}} = \pm \sqrt{15.72} = \pm 3.96$, (in tausendstel Graden ausgedrückt).

Diesen Wert abrundend finden wir also:

Der mittlere Fehler der Gefrierpunktsbestimmung = *± 0.004°.*

Dieser Fehler ist mehr als viermal kleiner als der früher gefundene (pag. 288).

Auch den mittleren Fehler der Gefrierpunktsbestimmung des Extraktes aus frischem Kümmelpulver müssen wir jetzt noch kennen lernen, damit wir berechnen können, mit welcher Schärfe der Ölgehalt der Kümmelfrüchte ermittelt werden kann.

Gleichwie bei den *ausdestillierten* Früchten, wurde die Fehlerbestimmung bei den *frischen* Früchten auch mit

Hilfe von 12 Extrakten ausgeführt. Das frische Material wurde, von der Destillation abgesehen, in genau derselben Weise behandelt, wie oben beschrieben worden ist. Die Extraktion wurde auch hier 11 Tage fortgesetzt. Am jeden Tage wurden die Kölbchen mit einem dünnen Glasstäbchen umgerührt; es ist dieses namentlich hier nötig, weil das frische Pulver sich meistens zu einer sehr dichten Masse zusammengepackt in den obersten Schichten des Aethylenbromids. Nach 11 Tagen wurde jedes Extrakt durch Watte filtriert, das Filtrat mit 3 Wassertropfen geschüttelt und noch während einer Nacht sichselbst übergelassen. Am folgenden Tage wurde das Extrakt durch ein Papierfilter filtriert und danach der Gefrierpunkt bestimmt. Diese Extrakte haben eine mehr grünliche Farbe als jene des ausdestillierten Materials; auch untereinander sind sie in dieser Hinsicht nicht ganz gleich; das eine Extrakt ist etwas dunkler gefärbt als das andere. Gewöhnlich sind sie nach der letzten Filtration nicht vollkommen klar, sondern ein wenig opalisierend. Die äusseren Unterschiede deuten auch auf grössere inneren hin. Die Gefrierpunkte weichen dementsprechend auch mehr voneinander ab als bei dem ausdestillierten Material, wie aus der untenstehenden Tabelle (pag. 302) zu ersehen ist.

Der mittlere Fehler der Gefrierpunktsbestimmung eines Extraktes ist also $= \pm \sqrt{\frac{1571}{11}} = \pm \sqrt{142.82} = \pm 11.95$, in tausendstel Graden ausgedrückt. Wenn wir diesen Wert abrunden, so finden wir also:

der mittlere Fehler der Gefrierpunktsbestimmung $= \pm 0.012°$.

Weil wir nun berechnen wollen, mit welcher Schärfe der *Ölgehalt* bestimmt wird, so sollen wir bedenken, dass derselbe, wie wir im Obigen gesehen haben, gefunden wird mittels der Formel: $\frac{6D}{C}$ oder $\frac{6}{0.785} \times D$.

No. der Extrakte.	Gefrierpunkte.	Abweichungen vom Mittelwerte in 0.001°.	Quadrate der Abweichungen.
No. 1	3.310	+ 19	361
2	287	— 4	16
3	294	+ 3	9
4	278	— 13	169
5	291	0	0
6	294	+ 3	9
7	295	+ 4	16
8	275	— 16	256
9	300	+ 9	81
10	298	+ 7	49
11	302	+ 11	121
12	296	— 22	484
	Mittelwert: 3.2910		Summe = 1571

In die Grösse D, die Differenz zweier Gefrierpunkte, pflanzen sich auch die diesen beiden Gefrierpunkten anhaftenden Fehler fort. Nach der Wahrscheinlichkeitslehre wird der mittlere Fehler von D dargestellt durch $\pm \sqrt{m_1^2 + m_2^2}$, wenn durch m_1 und m_2 die mittleren Fehler der Gefrierpunkte angedeutet werden.

Die Grösse D, das heisst die durch Lösen des Kümmelöls im Aethylenbromid verursachte Gefrierpunktserniedrigung, ist also bestimmt mit einem mittleren Fehler $= \pm \sqrt{15.72 + 142.82} = \pm \sqrt{158.54} = \pm 12.59$, in tausendstel Graden ausgedrückt. Abrundend schreiben wir also:

der *mittlere Fehler* von D $= \pm$ *0.0126*°.

Es ergibt sich also, weil wir auch noch Rücksicht auf den Faktor $\frac{6}{0.785}$ nehmen müssen, dass *der dem berechneten Ölgehalt anhaftende mittlere Fehler* beträgt $\frac{6}{0.785} \times$

($\pm$ 0.0126) = $\pm$ 0.096, in Gewichtsprozenten ausgedrückt.

Indem nach der Wahrscheinlichkeitslehre mehr als 99 % aller Bestimmungen liegen werden zwischen (M + 3*m*) und (M — 3*m*), wenn M den Mittelwert aller Bestimmungen und *m* den mittleren Fehler der Einzelbestimmung darstellt, so dürfen wir hier also mit genügender Sicherheit behaupten, dass der wirkliche Ölgehalt liegen wird zwischen dem aus der Beobachtung gefundenen Werte $\pm 3 \times 0.096$. Die zu berücksichtigende Schwankung beträgt also ungefähr 0.6 %, das ist 12 Prozent der totalen Quantität Kümmelöls, wenn wir annehmen, dass der Ölgehalt durchschnittlich 5 % beträgt.

Dieser Spielraum ist entschieden zu gross, nicht nur für Handelszwecke, wenn der Kümmel z. B. nach Ölgehalt verkauft werden soll, sondern auch für eine vorläufige Trennung verschiedener Kümmelmuster zu nachherigen Veredlungszwecken.

Weil ich nun keine Möglichkeit dazu sah, die Bestimmungsschärfe durch weitere Verbesserung der Methode zu vergrösseren, so nahm ich meine Zuflucht zu einem andern Hilfsmittel, hierin bestehend, dass bei einem und demselben Material *drei* unabhängige Ölbestimmungen ausgeführt wurden. *Drei Portionen von 5 g.* werden separat ausdestilliert und darauf auch separat, wie oben beschrieben, extrahiert; ebenfalls werden *3 Portionen* in frischem Zustande extrahiert. Von den 6 Extrakten werden die Gefrierpunkte bestimmt. Von jedem Satze von 3 Gefrierpunkte wird der Mittelwert berechnet und so die Gefrierpunktserniedrigung gefunden.

Zwar ist nun für die Ölbestimmung die dreifache Quantität des Materials erforderlich, also 30 g., aber dadurch gewinnen wir nun den erheblichen Vorteil, dass der mittlere Fehler des Resultates von $\pm$ 0.096 erniedrigt wird bis zu

$$\pm \frac{0.096}{\sqrt{3}} = \pm 0.056.$$

In dieser Weise könnte man fortfahren, und aus einer noch grösseren Anzahl Beobachtungen ein noch schärfer definiertes Ergebnis finden. Eine Bestimmung durch 5 unabhängige Beobachtungen würde z. B. den mittleren Fehler bis auf $\pm \frac{0.096}{\sqrt{5}} = \pm 0.043$ herabsetzen. Die erforderliche Quantität der Früchte würde alsdann aber zu 50 g. ansteigen, während dagegen der erzielte Vorteil nicht viel mehr zugenommen hätte. Auch die längere Zeitdauer der Bestimmungen beginnt hier ins Gewicht zu fallen.

Ich habe mich deshalb im Folgenden immer begnügt mit dem Mittelwerte von *drei* Beobachtungen.

Ueber die Ursachen der Beobachtungsfehler möchte ich noch etwas sagen.

Wie bei dergleichen Untersuchungen meistens der Fall ist, gibt es viele, Einfluss auf die Ergebnisse ausübende, Umstände, deren die meisten sich nur vermuten lassen. Dennoch sind einige mit Sicherheit anzuweisen und dazu gehören an erster Stelle die unumgänglichen Ungenauigkeiten beim Mischen und Musterziehen des Materials und beim Abwiegen des Aethylenbromids.

Ueber das Mischen und die Musternahme habe ich oben schon ausführlich gesprochen; was aber die Wägefehler betrifft, so ist leicht einzusehen, dass dieselben keinen grossen Einfluss haben können, weil die Quantitäten des abgewogenen Früchtematerials und des Lösungsmittels relativ so gross sind, im Verhältnis zu der in einer Portion vorhandenen Menge ätherischen Öls, während überdies sowohl das Lösungsmittel, wie das Kümmelöl, wegen des hohen Siedepunktes gehörig definiert [1]) sind.

Eine andere, zwar grösstenteils ausser dem eigentlichen Gebiete der Beobachtungsfehler liegende Fehlerquelle ist

---

[1]) Dieser Ausdruck ist gebraucht im Sinne Ostwald—Luther's, l. c. pag. 2.

zu sehen in dem Werte, den wir für die spezifische Depression gefunden haben, und der nicht ganz einwandfrei ist.

Bei allen Ölgehaltsberechnungen wurde nämlich immer nur ein und derselbe Wert für die spezifische Depression gebraucht, der, wie oben ausführlich auseinandergesetzt worden ist, gefunden wurde, durch Lösung von einem bestimmten Kümmelöl in Aethylenbromid. Streng genommen ist der gefundene Wert 0.785 also nur tauglich, wenn wir mit Kümmelölen von genau derselben Zusammensetzung zu tun haben. Bei einem anderen Mischverhältnisse von Carvon und Limonen ändert sich natürlich auch die spezifische Depression; wir dürfen also nicht unterlassen, den Einfluss hiervon auf die Ergebnisse zu prüfen.

Wie bekannt, ist das Produkt von der spezifischen Depression und dem Molekulargewicht einer Substanz konstant; es hat für das Aethylenbromid als Lösungsmittel den Wert $K = 118$. Weil das Molekulargewicht des Carvons 150 und des Limonens 136 ist, so würden theoretisch die spezifischen Depressionen dieser beiden Körper sein:

vom reinen Carvon: $\frac{118}{150} = 0.787$

vom reinen Limonen: $\frac{118}{136} = 0.867$

Angenommen dass wir bei einer Ölbestimming als Gefrierpunktserniedrigung gefunden hatten: $\Delta = 0.600^\circ$ (ein keineswegs aussergewöhnlicher Betrag) und dass das ätherische Öl ganz aus Carvon bestand, so würden wir als Ölgehalt finden: $\frac{6}{0.787} \times 0.600 = 4.58\,\%$.

Wenn aber das ätherische Öl ganz aus Limonen bestand, so würde gefunden sein: $\frac{6}{0.867} \times 0.600 = 4.15\,\%$.

Diese Differenz von 100 % im Carvongehalte des ätherischen Öls würde also in unserer Berechnung einen Unterschied von 0.43 % ätherischen Öls hervorrufen. Weil aber der Carvongehalt des ätherischen Öls in allen von mir untersuchten Kümmelmustern nur zwischen 47 % und

56.5 % schwankte (das Kümmelöl von Merck besass einen Carvongehalt von 57.5 %), so brauchen wir auch diese, von einem nicht ganz richtigen Werte der spezifischen Depression herrührende, Ungenauigkeit nicht hoch anzuschlagen. Wenn man diesen Fehler dennoch vermeiden möchte, so würde es nicht viele Mühe kosten, dazu eine Korrektion einzuführen.

Es bleibt nun noch übrig, die Schärfe der Brechungskoeffizientenbestimmung zu ermitteln. Als Mass werde ich auch hier wieder den *mittleren Fehler* benutzen.

In untenstehender Tabelle findet man die zur Berechnung erforderlichen Angaben; in der ersten Spalte sind die Brechungskoeffizienten aufgezeichnet des aufgefangenen Kümmelöls aus denselben Portionen, welche zur Bestimmung des mittleren Fehlers der Gefrierpunkte benutzt worden sind (s. pag. 300).

Brechungskoeffizienten $n_{D^{20}}$	Abweichungen vom Mittelwerte in der 5. Dezimale.	Quadrate der Abweichungen.
1.4854	+ 7	49
3	— 3	9
2	— 13	169
3	— 3	9
3	— 3	9
4	+ 7	49
6	+ 27	729
4	+ 7	49
3	— 3	9
2	— 13	169
3	— 3	9
2	— 13	169
Mittelwert = 1.48533		Summe = 1428

Der mittlere Fehler des Brechungskoeffizienten beträgt

also $\pm \sqrt{\frac{1428}{11}} = \pm \sqrt{129.8} = \pm 11.39$, in der 5. Dezimale ausgedrückt.

Der mittlere Fehler des Brechungskoeffizienten ist also = ± 0.00011.

Bei der Bestimmung des Brechungskoeffizienten habe ich nun stets den Mittelwert von 5 Refractionen genommen (es waren also dazu immer 5 Portionen von 5 g. Material erforderlich). Diesem Mittelwerte haftet also nur der Fehler an von $\pm \frac{0.00011}{\sqrt{5}} = \pm 0.00005$.

Zum Schlusse dieses Abschnittes werde ich noch eine kurze Uebersicht über den Gang der Ölbestimmung geben.

Das zu untersuchende Material wird zuerst gut gereinigt: Unkrautsamen sowie Erdklümpchen werden ausgelesen, Sand und Staub durch ein Nobbe-Sieb entfernt.

Drei der reinen Proben werden feingemahlen und das Pulver in einer Standflasche abgeschlossen. Fünf Gramm des Pulvers werden genau abgewogen und in das Destillationszylinderchen geschüttet.

Inzwischen ist der Destillationsapparat zur erforderlichen Temperatur erhitzt, das Paraffinbad bis zu 150° C. Der Dampf wird durchgeleitet, während die Destillationsröhre geschlossen ist, gerade alsob schon Kümmelpulver ausdestilliert würde. Mittels eines Dampfüberhitzers nach Heizmann[1]) wird der Dampf so hoch überhitzt, dass das Thermometer in der Destillationsröhre 150° C. anzeigt. Es ist nicht schwer, diese Temperatur konstant zu erhalten, wenn nur der Dampfstrahl gleich schnell bleibt. Es wird dieses erreicht, durch einen Hahn in der Dampfzufuhrröhre, der bis zu einer Marke geöffnet wird.

Nachdem nun eine Florentiner Flasche, mit Wasser gefüllt, unter den Kühler gestellt worden ist, wird die

[1]) Dampfüberhitzer Patent Heizmann, nach Patentschweissverfahren hergestellt. Zu erhalten bei Hugershoff, Leipzig.

Dampfzufuhr abgeschlossen und das Destillationszylinderchen mit dem Kümmelpulver schnell in die Destillationsröhre niedergelassen. Wenn dieses rasch geschieht, so wird die Temperatur in der Destillationsröhre nur etwa 20° sinken, und gleich danach wieder ansteigen.

Der Dampf wird nun vorsichtig zugelassen durch öffnen des ebengenannten Hahnes zur festgestellten Marke. (Wenn man den Dampf zu plötzlich eintreten lässt, so stäubt das Pulver gegen den Deckel der Zylinderchens oder wird sogar das Zylinderchen selbst in die Höhe getrieben.)

Die Destillation wird 3 bis $3^1/_2$ Minuten fortgesetzt; dann sind keine Tröpfchen ätherischen Öls mehr im Kühler nachzuweisen, und beginnt der graue Anflug der Zersetzungsprodukte sich zu zeigen. Der Dampf wird nun abgeschlossen, die Florentiner Flasche entfernt und das Zylinderchen mit dem Pulver aus der Destillationsröhre hervorgeholt. Die Destillationsröhre wird sogleich wieder geschlossen und die Kühlerröhre durch einen kräftigen Dampfstrahl gereinigt.

Wenn das Zylinderchen genügend abgekühlt ist, wird das Pulver in ein Erlenmeyerkölbchen von 50 cc. Inhalt gebracht. In derselben Weise wird mit der zweiten und dritten abgewogenen Portion des Kümmels verfahren.

Die Portionen des ausdestillierten Pulvers, sowie auch drei Portionen von 5 g. von frisch gemahlenen Kümmelfrüchten werden je mit 30 g. trocknem Aethylenbromid übergossen, und die Kölbchen gut verkorkt, im Finstern, während wenigstens 5 Tage bei Zimmertemperatur stehen gelassen. Am jeden Tage werden sie einmal mit einem dünnen Glasstäbchen (an dem nahezu nichts hangen bleibt) umgerührt.

Nach 5 Tagen wird der Inhalt jedes Kölbchens durch einen Wattebausch filtriert, mit Hilfe einer Wasserstrahlluftpumpe. Das Pulver wird auf dem Trichter kräftig ausgepresst. Den abfiltrierten Extrakten werden je 3 Tropfen

destillierten Wassers hinzugefügt; dann werden sie leicht geschüttelt und wiederum im Finstern aufbewahrt bis zum folgenden Tage, an welchem die Gefrierpunktsbestimmung stattfinden soll.

Vor der Gefrierpunktsbestimmung wird das Extrakt, durch ein Papierfilter, sogleich in die Gefrierröhre hineinfiltriert, mit Hilfe der an dem seitlichen Stutzen verbundenen Wasserstrahlluftpumpe.

Als Beispiel einer Bestimmung der Gefrierpunktserniedrigung teile ich hier einen bestimmten Fall mit, der die Untersuchung eines im Jahre 1910 im Haarlemmermeerpolder geërnteten Kümmelmusters betrifft.

Ausdestilliertes Pulver.

	Gefrierpunkte von:		
	Extrakt No. 1.	Extrakt No. 2.	Extrakt No. 3.
	3.153	3.179	3.179
	58	74	80
	55	78	78
Mittelwert	3.155	3.177	3.179

Mittelwert = 3.170.

Frisches Pulver.

	Gefrierpunkte von:		
	Extrakt No. 1.	Extrakt No. 2.	Extrakt No. 3.
	2.557	2.564	2.558
	59	75	58
	58	74	55
Mittelwert	2.558	2.571	2.557

Mittelwert = 2.562.

Gefrierpunktserniedrigung $\Delta = 3.170 - 2.562 = 0.608°$.

$$\text{Ölgehalt} = \frac{6\Delta}{C} = \frac{6 \times 0.608}{0.785} = 4.65\,\%.$$

Zur Bestimmung des Brechungskoeffizienten des aufgefangenen ätherischen Öls wurden noch zwei Portionen von 5 g. Kümmelfrüchten ausdestilliert; es wurden die folgenden Werte gefunden für $n_{D^{20°}}$:

No. 1.	1.4837
2.	39
3.	39
4.	41
5.	39
Mittelwert =	1.4839

Hieraus ergibt sich, nach der Brechungskoeffizientenkurve, ein *Carvongehalt des ätherischen Öls* von *47.5* %.

VI. KAPITEL.

Einige mittels der Ölbestimmungsmethode ausgeführte Untersuchungen.

---

§ 1. *Gehaltsunterschiede beim niederländischen Kümmel eines und desselben Erntejahres. Äusseres Aussehen und Qualität.*

Im Vorhergehenden haben wir bereits gesehen, dass der niederländische Kümmel bei den Fabrikanten ätherischer Öle sehr geschätzt ist; es gibt zwar ausländische Sorten von höherem Gehalte, namentlich den wildwachsenden Kümmel, aber selbstverständlich können dieselben bei lange nicht dem Bedarf an Kümmelfrüchten genügen. Und überdies, wenn auch das niederländische Gewächs nicht eben den höchsten Ölertrag liefert, so besitzt dessen ätherisches Öl demgegenüber den Vorzug eines sehr guten Carvongehalts.

Mehr als dieser allgemeine Eindruck ist nicht aus den Literaturangaben zu erhalten. Wenn man z. B. die oben erörterte Tabelle von Schimmel & Co. (pag. 261) betrachtet, so findet man für den in Holland kultivierten Kümmel einen Ölertrag von 4—6.5 % angegeben, ohne nähere Angaben über Herkunft oder Ölqualität.

Es ist bisjetzt unbekannt, ob es grosse Unterschiede in Ölertrag sowie Ölqualität gibt bei *aus verschiedenen Gegenden stammenden Gewächsen* die aber *im einen und demselben Jahre geerntet* worden sind. Eben-

sowenig sicher ist es, ob man in den *äusseren Merkmalen der Früchte* zu einem gewissen Grade einen Massstab hat zur *Beurteilung der Qualität.*

Um in diesen Sachen einige Einsicht zu bekommen, habe ich an erster Stelle ein Kümmelmaterial zusammengebracht, das ein ziemlich gutes Bild der Kümmelproduktion eines einzigen Jahres in den Niederlanden geben könnte. Ich konnte verfügen über 9 Muster aus Nord-Holland, 3 aus Zeeland, 5 aus Nord-Brabant, 6 aus Groningen und 1 aus Friesland [1]). Diesen konnte ich noch ein Muster meines eigenen Versuchsfeldes in Wageningen, aus demselben Jahre, hinzufügen. Alle diese 25 Muster waren im Sommer des Jahres 1910 geerntet. Sie konnten also miteinander verglichen werden, was selbstredend nicht der Fall sein würde, wenn sich auch Material aus anderen Jahren dazwischen befand. Denn es ist ja sehr wohl möglich, das in dem einen Jahre durchschnittlich mehr ätherisches Öl produziert wird, als in dem anderen. Darauf weisen auch die „Berichte" von Schimmel & Co. hin.

Die Muster wurden nun alle auf gleiche Weise einer sorgfältigen Reinigung unterworfen, mittels einer kleinen Schwingmühle. Auch aus den reinsten Mustern wurden noch taube Samen und Schmutz entfernt.

Schon bei oberflächlicher Betrachtung waren Unterschiede zwischen den Mustern zu bemerken hinsichtlich Grösse und Gleichmässigkeit der Früchte; aber dieses konnte selbstverständlich unmöglich ohne weiteres in einem Masze ausgedrückt werden. Um ein gutes Bild der Grösse und der Gleichmässigkeit zu bekommen, wurde von einem

---

[1]) Die Muster aus N.-Holland erhielt ich durch Vermittlung des Herrn G. Kruseman, in Houtryk en Polanen; die Muster aus den übrigen Provinzen durch Vermittlung der betreffenden Reichslandwirtschaftslehrer. Allen diesen Herren sage ich auch an dieser Stelle meinen herzlichen Dank für ihr Entgegenkommen.

jeden Muster eine Frequenzkurve konstruiert. Es geschah dieses in der folgenden Weise.

Dem Kümmelmuster wurde eine kleine Probe entnommen, von einigen Hunderten Teilfrüchten (wenigstens 300). Hierbei wurden dieselben Vorsichtsmassregel beachtet wie im Obigen (pag. 283) beschrieben worden ist. Alle die Teilfrüchte ohne Ausnahme einer solchen Probe wurden nun gemessen. Es wurden jedesmal etwa zehn nebeneinander auf einem Objekträger unter das Mikroskop gelegt, und deren Länge nacheinander bestimmt mittels eines Okularmikrometers, bei der Kombination: Okular No. 2 und Objektiv *a**, Stativ III von Zeiss, Tubuslänge 160 mm.

Das Stativ war mit dem grossen Kreuztische ausgestattet, so dass jedes Teilfrüchtchen sehr bequem mittels der Schraubenbewegung in die Mitte des Gesichtsfeldes gebracht werden konnte. In dieser Weise ging die Messung ziemlich rasch von statten, namentlich auch deshalb, weil die Länge nicht genau bestimmt werden brauchte, sondern nur aufgezeichnet wurde, zwischen welchen beiden Teilstrichen des Okularmikrometers die Spitze der Teilfrucht lag. Das Messungsmaterial wurde nämlich verteilt in Intervalle, welche der Entfernung zwischen den Mikrometerteilstrichen entsprachen.

Die Messungsergebnisse wurden in derselben Weise aufgezeichnet, wie in der Verhandlung T. Tammes' „*Der Flachsstengel*" beschrieben worden ist [1]). Man hat dadurch den Vorteil, die Mediane und das Quartil der Frequenzkurve sehr einfach ermitteln zu können, welche Grössen auch für diese Untersuchung genügen.

Die Länge der Teilfrüchte eines Kümmelmusters wird

[1]) T. Tammes. Der Flachsstengel. Natuurk. Verhandel. v. d. Holl. Maatschappij der Wetenschappen. Derde Verzameling. Deel VI. Vierde Stuk. 1907. pag. 40, 41.

Ernte 1910.

Ort der Herkunft.	Ölgehalt.	Brechungskoeffizient $n_{D^{20}}$.	Carvongehalt des Kümmelöls.	Carvongehalt der Früchte.	Länge der Teilfrüchte in mm. (M der Frequenzkurve).	Variabilitätskoeffizient $\frac{Q}{M}$.
Wageningen (Prfv. A)	4.56%	1.4843	48.5%	2.21%	4.42 mm.	0.096
Kruisland (Kr)	4.25	54	53.0	2.25	4.17	104
Standdaarbuiten (St)	3.94	49	51.0	2.01	4.11	108
Zevenbergen (Zb)	4.01	46	50.0	2.01	4.02	099
Dinteloord (Dlr)	4.14	49	51.0	2.11	4.23	087
Klundert (Kl)	4.33	49	51.0	2.21	4.14	097
Krabbendijke (Krbd)	3.78	44	49.0	1.85	4.24	108
's Heer Arendskerke ('s HA)	4.11	43	48.5	1.99	4.30	115
Wilhelminadorp (Wd)	4.29	52	52.0	2.23	4.48	088
Kimswerd (Kmw)	4.02	44	49.0	1.97	4.04	107
Prins Hendrikpolder (PH)	5.01	45	49.5	2.48	3.92	119
De Streek (A)	4.20	45	49.5	2.08	4.08	099
Groetpolder (Gp)	4.99	58	54.5	2.72	4.48	107
Wieringerwaard (WW)	5.00	50	51.5	2.58	4.31	098
Anna Paulownapolder (APP)	5.20	57	54.0	2.81	4.27	127
Waard Nieuwlandpolder (WNW)	5.32	49	51.0	2.71	4.08	105
Houtrakpolder (Hrkp)	3.88	53	52.5	2.04	4.14	091
Zuidspaarndammerpolder (Zsdp)	5.04	48	50.5	2.55	4.23	105
Haarlemmermeer (Hrlm)	4.65	39	47.0	2.19	4.01	123
Oldambt (V)	4.05	51	51.5	2.09	4.04	100
Nieuw Beerta (NB)	4.01	48	50.5	2.03	4.37	092
Eemspolder (Em)	4.48	49	51.0	2.28	4.46	098
Menneweer-Ulrum (Mn)	4.54	48	50.5	2.29	4.21	095
De Waarden-Grijpskerk (DW)	4.56	55	53.5	2.44	4.38	089
Toornwerd-Middelstum (Tw)	3.75	58	54.5	2.04	4.13	104

nun durch die Mediane der Frequenzkurve vorgestellt und nicht, wie man vielleicht erwartet hätte, durch den Mittelwert aller Messungen. Die Berechnung des Mittelwertes ist sehr umständlich und gibt leicht Anlass zu Fehlern. Ueberdies ist hier das Ergebnis dasselbe, ob ich die Mediane benutze oder den arithmetischen Mittelwert. Die Kurven zeigten sich nämlich von solcher Beschaffenheit, dass Mediane und Mittelwert nahezu zusammenfielen [1]).

Wir können nun aus der nebenstehenden Tabelle ersehen, dass eine Vergleichung der Medianen ziemlich grosse Unterschiede zu Tage treten lässt.

Ölgehalt der Früchte und Carvongehalt des ätherischen Öls wurden in der oben beschriebenen Weise ermittelt.

Die Ergebnisse dieser Untersuchung finden wir in der nebenstehenden Tabelle zusammengebracht. In der ersten Spalte sehen wir hinter den Ortsnamen die Abkürzungen, mit denen die Muster später in der graphischen Darstellung angedeutet sind.

Der Carvongehalt der Früchte (5. Spalte) ist berechnet aus den Angaben der 2. und 4. Spalte.

Um die Uebersicht zu erleichtern habe ich meine Beobachtungen, den Ölgehalt, Carvongehalt und die Teilfruchtlänge betreffend, in einer graphischen Darstellung *(Fig. 20)* zusammengestellt, in der die Muster nach steigendem Ölgehalt geordnet sind. In der oberen Hälfte der Figur wird der Ölgehalt, sowie der Carvongehalt der Früchte durch die Entfernungen der Kreismittelpunkte von der Abscissenlinie dargestellt. In der unteren Hälfte findet man

---

[1]) Zur Kennzeichnung der Uebereinstimmung zwischen Mediane und Mittelwerte, und der Schärfe mit welcher diese Grössen ermittelt wurden, teile ich hier mit, das z. B. die *Mediane* der Kurve des Musters *WW* 4.311 mm. war, während die *durchschnittliche* Länge 4.312 mm. betrug. Der mittlere Fehler dieses Mittelwertes war $\pm$ 0.025 mm.; die Schärfe, mit welcher die Mediane bestimmt ist, wird also ungefähr denselben Wert haben.

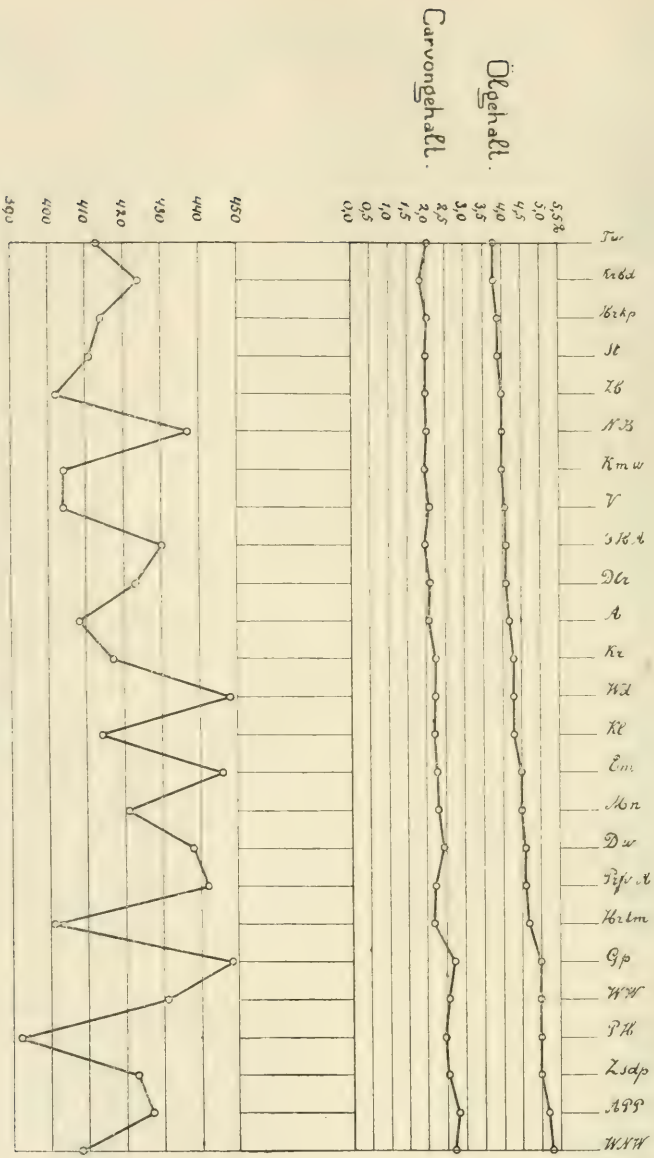


Fig. 20. Ölgehalt, Carvongehalt und Länge der Teilfrüchte.

die Schwankungen in der Länge der Teilfrüchte zwischen 3.90 mm. und 4.50 mm., bei derselben Reihenfolge der Muster.

Es ergibt sich also, dass der Ölgehalt in diesem Materiale schwankt zwischen 3.75 und 5.32 %, während der Carvongehalt der Muster sich zwischen 1.85 und 2.81 % bewegt.

Wir müssen hier aber in Betracht ziehen, dass der Gehalt an ätherischem Öl bestimmt wurde mit einem mittleren Fehler von ± 0.056 %, und wir demzufolge für jeden gefundenen Wert einen Spielraum von ± 3 × 0.056 = ± 0.168 % zulassen müssen. Wenn wir dieses in Rechnung bringen, so können wir mit Sicherheit behaupten, dass die beiden schlechtesten Muster — *Tw* und *Krbd* —, die übrigens wohl gleich sein können, jedenfalls weniger als 3.95 % und mehr als 3.58 % ätherisches Öl enthalten, während das beste Muster *WNW*, sicher mehr als 5.15 %, jedoch weniger als 5.49 % besitzt. Die äussersten Gehaltsgrenzen des hier behandelten Materials sind also 3.58 % und 5.49 %.

Ebenfalls kann mit Sicherheit gesagt werden, dass die 6 besten Muster, nämlich *Gp*, *WW*, *PH*, *Zsdp*, *APP* und *WNW* eine Gruppe bilden, von denen es nicht genügend feststeht, wieviel sie untereinander nach Ölgehalt abweichen, wohl aber, dass sie gewiss mehr Kümmelöl enthalten als ein jedes der übrigen Muster.

Auch die Muster *Em*, *Mn*, *DW*, *Prfv. A* und *Hrlm* bilden offenbar eine Gruppe, in der wahrscheinlich nur kleine Unterschiede vorkommen; sicher ist es aber, dass sie einen höheren Ölgehalt besitzen als die ersten 10 Muster.

Wie aus der graphischen Darstellung deutlich hervorgeht, entspricht im allgemeinen einer Steigerung des Ölgehalts eine Erhöhung des Carvongehalts der Früchte; es ist dieses freilich nicht befremdend, wenn wir die verhältnismässig kleinen Unterschiede in dem *Carvongehalte der ausdestillierten Öle* in Betracht ziehen. In der obenstehenden

Tabelle ist ja leicht zu sehen, dass die Qualität des Kümmelöls, das heisst das Mischverhältnis von Carvon und Limonen, völlig unabhängig ist vom Ölertrage; das Muster *Tw* z. B. mit dem niedrigsten Ölgehalte, enthielt ein ätherisches Öl mit 54.5 % Carvon; *Prfv. A* aber mit soviel höherem Ölgehalt, lieferte ein ätherisches Öl von viel geringerer Qualität, nämlich nur 48.5 % Carvon; noch bedeutender ist der Unterschied bei den Mustern *Hrlm* und *Gp*, die beiden zu den besseren gehören, aber deren das erste in seinem ätherischen Öle nur 47.0 %, das zweite dagegen 54.5 % Carvon enthielt. Ebenso wird auch das Muster *WNW*, das den höchsten Ölgehalt besass, an Ölqualität durch viele andere Muster übertroffen.

Was nun die Grösse der Teilfrüchte betrifft, so sehen wir auch verhältnismässig grosse Unterschiede. Die kleinsten Früchte (Muster *PH)* stammten von einem Sandboden im Prins Hendrikpolder (auf der Insel Texel); die grössten von Wilhelminadorp, Groetpolder und Eemspolder, von einem Lehm- und sandigen Lehmboden. Wir dürfen hieraus aber nicht schliessen, dass der Kümmel von Sandboden im allgemeinen kleiner ist; denn auch die Muster *Zb* und *Hrlm* waren kleinkörnig, obwohl sie auf Lehm oder sandigem Lehm gebaut worden waren. Ein Einfluss der Bodenart kann hier nicht nachgewiesen werden; dazu konnte dieses Material freilich auch nicht dienen, weil die Gewächse nicht überall in gleicher Weise behandelt worden waren. Die untersuchten Muster können uns nur ein Bild der Ware geben, die in unserm Lande an den Markt kommt.

Dieses geht aber aus meiner Untersuchung hervor, dass *Ölgehalt und Grösse der Früchte ganz voneinander unabhängige Dinge* sind. Für eine Beurteilung der Qualität der Handelsware kann also die Körnergrösse gar kein Massstab sein, ebensowenig wie eine grössere oder geringere Gleichmässigkeit der Körnergrösse, wie leicht aus der obenstehenden Tabelle zu sehen ist.

Ich werde hier nicht weiter in die statistischen Messungen eingehen; nur möchte ich noch auf dieses hinweisen, dass wir hier nicht mit einfachen Kurven der fluktuierenden Variabilität zu tun haben, sondern wahrscheinlich mit Kombinationen im Sinne Baur's [1]). Die Tatsache, dass die Längemessungskurven im allgemeinen dort eine Einsenkung zeigten, wo man einen Gipfel erwarten würde, wird wohl der Ungleichwertigkeit der Teilfrüchte zuzuschreiben sein. Das vordere Teilfrüchtchen ist ja gewöhnlich kräftiger entwickelt als das hintere, wie schon bei der Beschreibung der Pflanze bemerkt wurde, so dass das Kümmelmaterial aus zwei Körnerpartien besteht, deren eine in günstigen, die andere aber in ungünstigen Verhältnissen verkehrt hat.

Ich möchte jetzt wieder auf den Ölgehalt zurückkommen. Es wird vielleicht schon aufgefallen sein, dass der Ölertrag der untersuchten Muster ziemlich gering war; bei weitem die meisten lieferten nur 4 bis 5 %, obwohl wir nach den Angaben von Schimmel & Co. und anderen Autoren 4 bis 6.5 % erwarten könnten. Wir müssen hier aber in Betracht ziehen, dass die eben besprochenen Muster allein zu der Ernte eines einzigen Jahres gehörten und in anderen Jahren der Gehalt vielleicht höher sein könnte. Meine Ergebnisse stimmen in dieser Hinsicht gut mit den Mitteilungen der Firma Schimmel & Co. überein, die ebenfalls den Ertrag des Jahres 1910 ausserordentlich niedrig nennt: „Selbst die Qualitäten aus Gegenden, die sonst vorzügliche, gehaltreiche Saat hervorzubringen pflegten, fielen erheblich ab und man kann infolgedessen die diesjährige Ernte trotz der zurückgegangenen Preise kaum als eine normale bezeichnen" [2]).

Von einem anderen Jahrgange besitze ich denn auch

[1]) E. Baur. Einführung in die experimentelle Vererbungslehre, 1911, pag. 184.

[2]) *Bericht von* Schimmel & Co. Oktober 1910, pag. 59.

Beobachtungen, die beweisen, dass auch höhere Ölerträge bei unserem einheimischen Kümmel vorkommen können. So enthielten z. B. zwei im Jahre 1909 von mir im Ypolder auf zwei verschiedenen Kümmelfeldern des Herrn G. Kruseman gesammelte Muster je 5.66 % und 6.53 % ätherisches Öl.

Ein paar im Jahre 1908 geerntete Muster, welche im Frühjahre bei der Säesaatausstellung in Amsterdam prämiiert waren, stimmen wieder mehr mit der Ernte 1910 überein; das eine Muster, aus Zeeland stammend, enthielt 4.59 %, das andere, aus dem Waard- en Groetpolder, 5.07 % ätherisches Öl. Ein kleiner Posten Kümmel, für ein anzulegendes Versuchsfeld von einem Samenhändler bezogen, und ebenfalls im Jahre 1908 geerntet, besass nur 3.47 % Kümmelöl.

Bei den letzterwähnten Mustern zeigte sich deutlich, dass das äussere Aussehen und der Ölgehalt gar nicht miteinander in Beziehung stehen. Das letztgenannte Muster mit 3.47 % ätherisches Öl zeichnete sich z. B. durch sein tadelloses Äussere aus, wie schöne helle Farbe, frischen Geruch und sehr gleichmässige Körner, im Gegensatz zu den obenerwähnten Partien mit dem Ölgehalte 5.66 % resp. 6.53 %, welche ziemlich unschön aussahen und sehr dunkel gefärbt waren.

Dasselbe ergab sich auch bei der Untersuchung von wildwachsendem Kümmel, wobei es sich zudem herausstellte, dass auch die hier einheimischen wildwachsenden Kümmelpflanzen von ausgezeichneter Qualität sind, gleichwie, nach den Literaturangaben, der wildwachsende Kümmel des Auslandes. Es ist hier die Rede von zwei von mir auf dem Rheindeiche gesammelten Mustern; das eine wurde gesammelt beim Dorfe Randwijk, das andere bei Heteren; es waren sehr kleine, sehr dunkel, fast schwarz gefärbte Früchte. Das Muster von Randwijk lieferte 6.72 %, dasselbe von Heteren 5.75 % ätherisches Öl.

Ein anderes Muster von kultiviertem Kümmel [1]), eine Nachzucht von in der Schweiz wildwachsenden Pflanzen, und dem Äusseren nach, unserem einheimischen wilden Kümmel sehr ähnlich enthielt aber nur 3.03 % Kümmelöl.

§ 2. *Vergleichung ausländischer Kümmelsorten mit unserem einheimischen Kümmel, unter denselben Kulturverhältnissen.*

Im Obenstehenden haben wir gesehen, dass der Carvongehalt des ätherischen Öls aus den Mustern der einheimischen Ernte 1910 nur in geringem Grade schwankte, nämlich zwischen 47.0 % und 54.5 %, und demzufolge die Partien welche einen hohen Ölgehalt zeigten, auch einen hohen Carvonertrag lieferten.

Er war nun selbstredend der Mühe wert, in dieser Hinsicht auch die ausländischen Kümmelsorten zu untersuchen, von denen mehrere Literaturangaben solch hohen Ölgehalt erwähnen. Es könnte ja sehr wohl möglich sein, dass unter jenen Sorten sich welche finden würden, die sich erblich durch eine sehr hohe Ölproduktion auszeichneten. Sowohl aus einem botanischen wie aus einem landwirtschaftlichen Gesichtspunkte würde solches von Bedeutung sein.

Ich habe deshalb an erster Stelle mehrere ausländische Kümmelsamenmuster [2]) untersucht, deren einige auch wirklich einen hohen Ölgehalt besassen, während es sich auch hier zeigte, dass die Qualitäten der ausdestillierten Öle nur wenig von einander abwichen, und also einem hohen Ölgehalt auch ein hoher Carvongehalt der Früchte entsprach.

---

[1]) Dieses Muster war mir von Frln. Dr. Joha. Westerdijk zugesandt, der ich auch an dieser Stelle meinen besten Dank sage.

[2]) Diese Muster erhielt ich durch Vermittelung des Herrn Direktors der Samenkontrollstation in Wageningen, dem ich dafür bestens danke.

Nach der Feststellung dieser Tatsachen wurde ein Kulturversuch angestellt um das Verhalten der fremden Kümmelsorten, unter unseren gewöhnlichen Kulturbedingungen, mit dem einheimischen Kümmel zu vergleichen.

Die eben erwähnten, aus dem Auslande erhaltenen Kümmelmuster wurden alle in derselben Weise gereinigt und dann, genau wie die im Vorhergehenden besprochenen Muster der Ernte 1910, auf den Ölgehalt und die Ölqualität geprüft. Zum Vergleich wurden auch ein bei einer Samenhandlung bezogenes Muster unseres gewöhnlichen, einheimischen Kümmelsamens, sowie ein von Frln. Dr. Joha. Westerdijk gesandtes Muster auf dieselbe Weise untersucht. Das letztgenannte Muster war im Jahre 1911 in Amsterdam geerntet worden, als Nachzucht von im Jahre 1906 in der Schweiz gesammelten und seitdem in Amsterdam weiterkultivierten Samen.

Die Herkunft all dieser Muster und die Ergebnisse der Ölbestimmungen sind in unterstehender Tabelle wiedergegeben (pag. 323).

Ausser der Muster von russischer Herkunft, No. I und IX, zeichneten sich also die meisten wilden Sorten durch einen hohen Ölgehalt aus; zwei derselben sogar durch einen aussergewöhnlich hohen Gehalt, nämlich No. III und VI, die zudem einen hohen Carvongehalt besassen.

Inbetreff des No. IV, aus Nord-Bayern stammend, wo dieses Muster von wildwachsenden Pflanzen geerntet sein sollte, muss mitgeteilt werden, dass es gar nicht den übrigen wilden Samenmustern ähnlich war, sondern, dem äusseren Aussehen nach, völlig mit unseren einheimischen Kümmelsamen übereinstimmte. Ich vermutete denn auch sogleich, dass dieses Muster wahrscheinlich wohl irgendwo von einem Samenhändler gekauft und wohl in den Niederlanden kultiviert sein würde, welche Mutmassung später durch das Ergebnis der Ölbestimmung gestützt wurde.

Wenn sich hier also auch grosse Unterschiede im

Herkunft der Muster.	Ölgehalt.	Carvongehalt. des ätherischen Öls.	Carvongehalt. der Früchte.
I. Moskau (aus der Samenhandlung Immer. Wahrscheinlich von wildwachsenden Pflanzen.	3.48 %	50.5 %	1.76 %
II. Örebro. Schweden. Wild.	6.09	55.0	3.55
III. Hamar. Norwegen, (Provinz Hedemarken). Wild.	6.79	55.5	3.77
IV. Bamberg. Nord-Bayern. Wild (?)	4.26	53.0	2.26
V. Szénafüvek bei Kolozsvár. Siebenbürgen. Wild.	4.90	53.0	2.60
VI. N.-O.-Württemberg. (Jagstkreis) Wild.	7.17	53.0	3.80
VII. Ost-Norwegen. Wild.	5.53	49.5	2.74
VIII. Nachzucht schweizerischer Samen.	3.57	54.0	1.93
IX. Gouvernement Kasan. Russland. Wild.	3.36	50.0	1.68
X. Einheimische Kümmelsamen (aus der Samenhandlung Poortman in Rotterdam).	4.17	55.5	2.31

Ölgehalte zeigten, so schwankte jedoch die Qualität des ätherischen Öls nur wenig; der Carvongehalt des Öls betrug 49.5 % bis 55.5 %.

Von all den in obenstehender Tabelle genannten Mustern wurde nun das Verhalten unter unseren Kulturverhältnissen geprüft. Die ölreichsten Sorten waren selbstverständlich in dieser Hinsicht die bedeutendsten; aber es war doch erwünscht, auch die weniger ergiebigen in diesem Versuche aufzunehmen. Als Normalgewächs wurde No. X, die einheimische Kümmelsaat, gewählt.

Am 11. April 1912 wurden die Muster auf einem Versuchsfelde gesät, das in einem Kümmelfelde des Herrn K. A. Kaan im Anna Paulownapolder, angelegt

wurde [1]). Es wurde zu diesem Zwecke ein möglichst gleichmässiger Boden gewählt, und weil das Versuchsfeld ringsum durch das gewöhnliche, einheimische Kümmelgewächs des Herrn Kaan umgeben war, befanden sich die Versuchskulturen auch unter gewöhnlichen Bedingungen, auf einem Boden, der im Fruchtwechsel auch für ein Kümmelgewächs bestimmt war [2]). Es wurde zudem dafür Sorge getragen, dass das Versuchsfeld ein geschlossenes Ganze bildete mit dem umgebenden Gewächse. Der Boden bestand aus einem sandigen Lehm. Weil die Art der Anlage von der bis damals üblichen abweicht, möchte ich etwas näheres darüber mitteilen.

Die Länge des Versuchsfeldes war 100 m., die Breite 31 m. (nämlich 2 Äcker von 15.5 m.). Es wurde in 50 Parzellen gleicher Grösse verteilt, je 31 m. (also die Breite des ganzen Versuchsfeldes) lang und 2 m. breit. Die Kümmelreihen verliefen in der Länge der Parzellen, also quer über die beiden Äcker.

Ein jedes der 10 Samenmuster wurde nun auf 5 Parzellen ausgesät und dabei in der folgenden Weise über das Versuchsfeld verteilt: No. I wurde gesät auf der 1., 11., 21., 31., und 41. Parzelle; No. II auf der 2., 12., 22., 32., und 42. Parzelle u. s, w., bis No. X auf der 10., 20., 30., 40., und 50. Parzelle.

Die Quantität der Säesaat jeder Sorte wurde mit Rücksicht auf die Keimfähigkeit so gross genommen, dass auf alle Parzellen gleichviel keimfähige Saat gesät wurde. Vor dem Säen des Kümmels wurden kleine grüne Erbsen, die als Ueberfrucht dienen sollten (auch bei dem umgebenden Kümmelgewächse), mittels einer grossen Säemaschine, in quer über die beiden Äcker laufenden Reihen gesät, aber

---

[1]) Dieser Versuch wurde ausgeführt unter Mitwirkung der „Vereeniging tot Ontwikkeling van den Landbouw in Hollands Noorderkwartier".

[2]) Die Vorfrüchte waren: Flachs, Spinat, Weizen. Vor dem Säen des Kümmels war der Boden gedüngt mit 1000 KG. Superfosfat pro H. A.

nicht eingeeggt, sodass die Erbsenreihen (in Entfernungen von 40 cm.) gut sichtbar blieben. Danach wurde der Kümmel in den Erbsenreihen gesät, mittels einer einreihigen Handmaschine [1]), Weil die Reihenentfernung des Kümmels also auch 40 cm. betrug (eine in jener Gegend übliche Entfernung), bestand jede Parzelle aus 5 Reihen Kümmel.

Bei dieser Anlage befindet sich also jede Kümmelsorte auf 5 verschiedenen Teilen des Versuchsfeldes; es werden dadurch die Einflüsse stets vorkommender Unregelmässigkeiten des Bodens, der Düngung, kleine Säefehler u. s. w. (welche alle als, zufällige Abweichungen verursachende, Faktoren zu betrachten sind) ziemlich gut ausgeglichen. Jedenfalls werden die Beobachtungsfehler auf ein Minimum reduziert [2]). Für die Ausführung von Feldversuchen, bei welchen verschiedene Sorten eines Gewächses miteinander verglichen werden sollen, und wo nur kleine Unterschiede zu erwarten sind, kann eine solche Anlage nicht genügend empfohlen werden [3]). Indem man den Versuch in dieser Weise gleichsam fünfmal ausführt, auf einem möglichst gleichmässigen Boden, ist man genügend gesichert gegen Abweichungen, welche, ausserhalb der zu untersuchenden Gewächse liegenden, Ursachen zuzuschreiben sind. Wenn man dabei für jede zu untersuchende Sorte als Oberflächeneinheit 5 Ar. wählt, und diese Oberfläche gleichmässig in 5 Teilen über das Versuchsfeld verteilt, so darf man annehmen, dass der Beobachtungsfehler (mittlerer Fehler) des Ertrags der genannten Oberflächeneinheit ungefähr

---

[1]) Die amerikanische Maschine *Planet Jr. No. 3.*

[2]) Sehr bedeutend in Bezug auf die Anlage von Versuchsfeldern ist die Verhandlung von Mercer and Hall. The experimental Error of Field Trials. (The Journal of Agricultural Science IV, 1911/12, pag, 107 ff.)

[3]) Seit dem Jahre 1913 werden auch die Vergleichungsversuchsfelder des „Instituut voor Veredeling van Landbouwgewassen" nach diesem Prinzip angelegt.

2 % dieses Ertrags beträgt. Die Oberflächeneinheit grösser als 5 Ar. zu wählen, ist nach den Untersuchungen Mercer's und Hall's unzweckmässig, weil selbst eine bedeutende Vergrösserung den Beobachtungsfehler nur noch sehr wenig herabdrücken würde [1]). Ebensowenig hat man von einer Vermehrung der Parzellenanzahl eine bedeutende Erniedrigung des Fehlers zu erwarten. Es steht wohl genügend fest, dass die Oberfläche von 5 Ar. und die Anzahl von 5 Parzellen, in welchen diese Oberfläche verteilt wird, als die meist praktischen Einheiten zu betrachten sind.

Inzwischen darf man nicht aus den Augen verlieren, dass die nach dieser Methode ausgeführten Versuche sehr viele Sorge und Pünktlichkeit erfordern, so dass sie nicht einem Jeden anvertraut werden können.

Es war bei diesem Versuche ursprünglich meine Absicht, für jede Sorte eine Oberfläche von 5 Ar. und die Parzellen je 1 Ar. gross zu nehmen; es war jedoch die mir zur Verfügung stehende Säesaatmenge dazu nicht ausreichend, so dass ich mich mit einer Parzellengrösse von 0.62 Ar. begnügen musste. Indem nun die Oberflächeneinheit für jede Sorte 0.031 HA. betrug, darf man nach den oben erwähnten Untersuchungen Mercer's und Hall's annehmen, dass der mittlere Fehler des totalen Ertrags jeder Sorte nicht grösser ist als 3 % dieses Ertrags.

Die Behandlung des Versuchsfeldes war übrigens dieselbe, wie von dem gewöhnlichen Kümmel in jenen Gegenden, damit die zu untersuchenden Sorten gänzlich unter unsern gewöhnlichen Kulturverhältnissen wachsen würden. Nur bei der Ernte musste Rücksicht genommen werden auf die Tatsache, dass die verschiedenen Sorten nicht gleichzeitig reif wurden.

Die drei am frühesten reifen Sorten, No. III, VI und VII, wurden am 20. Juni 1913 abgemäht; darauf folgten

[1]) Mercer and Hall, l. c.

No. II, V und IX am 24. Juni, und schliesslich No. I, IV, VIII und X am 27. Juni.

Nach dem Abmähen wurden die Garben sogleich zu kleinen Diemen gestellt. Nachdem alles trocken geworden war, wurde jede Sorte einzeln gedroschen und die Samen, ohne vorherige Reinigung, mir zugesandt. Mittels einer kleinen Schwingmühle und eines Siebes habe ich dann alle Partien in derselben Weise reinigen lassen. Aus den gereinigten Partien wurde, nach tüchtiger Mischung, unter den nötigen Vorsichtsmassregeln je ein Muster von ungefähr 1 kg. Samen gezogen.

Die Untersuchung dieser Muster ergab nun das folgende:

Nummern der Sorten.	Ölgehalt.	Carvongehalt.	
		des ätherischen Öls.	der Früchte.
I. Moskau.	4.49%	52.5%	2.36%
II. Örebro.	4.65	55.0	2.56
III. Hamar.	4.15	55.0	2.28
IV. Bayern.	4.73	52.0	2.46
V. Siebenbürgen.	4.96	55.0	2.73
VI. Württemberg.	5.28	56.5	2.98
VII. Östl. Norwegen.	4.55	54.5	2.48
VIII. Nachzucht schweizerisch.	4.19	52.0	2.18
IX. Kasan.	4.11	54.0	2.22
X. Einheimisch.	4.53	52.5	2.38

Zur bequemen Vergleichung dieser Ergebnisse mit denen der Untersuchung der ursprünglichen Säesaat, habe ich dieselben sämtlich in der untenstehenden graphischen Darstellung zusammengestellt. *(Fig. 21).*

Es ergibt sich hieraus also, dass unter den obwaltenden Umständen die Unterschiede des Ölgehaltes, und dem-

entsprechend auch des Carvongehaltes, der Früchte erheblich kleiner geworden sind.

Es hat eine Art von Ausgleichung stattgefunden; der

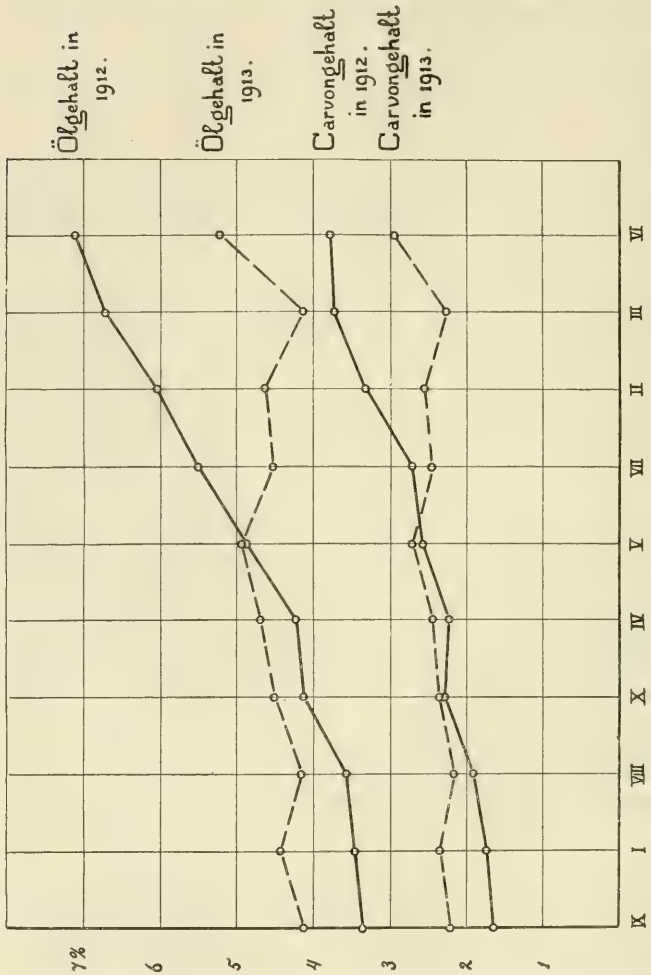


Fig. 21. Öl- und Carvongehalt von Saat und Ernte.

Ölgehalt hat eine Neigung gezeigt, auf dieselbe Höhe zu kommen, wie bei unserer gewöhnlichen, einheimischen, kultivierten Saat. Die schlechteren Sorten haben an Gehalt

zugenommen, nämlich all die Muster, welche einen Gehalt unter 4.90 % besassen; die besseren Sorten haben aber alle abgenommen.

Nur No. VI übertrifft noch immer all die anderen, obwohl auch diese Saat erheblich zurückgegangen ist.

No. V ist die einzige, welche nahezu gleich geblieben ist, insofern den Ölgehalt betrifft; der Carvongehalt dieser Sorte ist aber etwas gestiegen. Von No. X, dem einheimischen Kümmel, ist zwar auch der totale Ölgehalt ein wenig in die Höhe gegangen, jedoch nur infolge einer verhältnismässig reichlicheren Limonenproduktion, denn der Carvongehalt des ätherischen Öls zeigte einen Zurückgang.

Durch diesen Versuch wird also deutlich bewiesen, dass ein hoher Ölgehalt der ausländischen Säesaat sich unter unsern Kulturverhältnissen gar nicht erhält.

Inbetreff des Wertes dieser fremden Kümmelmuster für unsere Landwirtschaft ist aber aus diesem Versuche noch nicht viel zu schliessen. Wenn auch No. VI z. B. einen hohen Ölgehalt besitzt, so ist aber der Samenertrag pro HA. nur sehr gering. In dieser Hinsicht genügten nur No. IV und No. X. Die Erträge an gereinigten Samen betrugen nämlich:

Nummern der Sorten.	Samenertrag in kg.	Samenertrag pro HA. in Ballen von 50 kg.
I. Moskau.	17.95	11.6
II. Örebro.	30.29	19.5
III. Hamar.	19.47	12.6
IV. Bayern.	43.35	28.0
V. Siebenbürgen.	15.35	10.0
VI. Württemberg.	5.48	4.5
VII. Östl. Norwegen.	24.43	15.8
VIII. Nachzucht schweizerisch	28.87	18.6
IX. Kasan.	18.32	11.8
X. Einheimisch.	41.85	27.0

In der 3. Spalte dieser Tabelle habe ich den Ertrag in Ballen pro HA. ausgedrückt, weil dieses der übliche Massstab für Kümmelerträge ist.

Die meisten Sorten waren in dieser Hinsicht also sehr schlecht, wie zuvor auf dem Versuchsfelde auch schon deutlich zu sehen war. Nur die Nummern IV, VIII und X waren nahezu nicht von dem, das Versuchsfeld einschliessenden, gewöhnlichen Kümmelgewächse zu unterscheiden.

Am schlechtesten war der Stand der No. VI: es gab dort nur spärliche und ärmliche Pflanzen, deren viele überdies nicht blühten; diese Sorte blühte früher als die übrigen.

Die übrigen schlechten Sorten zeigten gleichfalls einen zu dünnen Stand, ohne dass dieses wieder durch reiche Verästelung und üppige Entwicklung der einzelnen Pflanzen ausgeglichen wurde. Die Pflanzen blieben überhaupt klein und ziemlich ärmlich.

Es war sehr auffallend, dass *alle 5 Parzellen einer jeden Sorte untereinander* gleich waren, wiewohl die verschiedenen Sorten selbst sich sehr deutlich voneinander unterschieden, namentlich im Frühjahre 1913 und während der Blütezeit. Diese Tatsache beweist den grossen Wert einer solchen Einrichtung des Versuchsfeldes, denn es konnte hier kein Zweifel bestehen, ob die Unterschiede vielleicht eine Folge wären von Ungleichmässigkeiten des Bodens oder zufälligen Abweichungen in der Behandlung des Versuchsfeldes. Die Unterschiede konnten nur innerlichen Differenzen der Säesaat zugeschrieben werden.

Die Ursache der schlechten Entwicklung der meisten Sorten lässt sich vorläufig nur vermuten. Untauglichkeit der Säesaat spielte hier keine Rolle, denn alle Nummern waren gut aufgegangen, die eine Sorte zwar später als die andere; am spätesten gingen die Nummern I, V, VI und VII auf. In der ersten Hälfte von August 1912, als die Ueberfrucht eben entfernt worden war, zeigten alle Parzellen einen guten Stand und unterschieden sich

die wilden Sorten nur durch den feineren Bau der Pflanzen.

Meiner Meinung nach, ist der Misserfolg der wilden Sorten dem Vorkommen verschiedener Formen in der Art *Carum Carvi L.* zuzuschreiben; wenn es hierunter welche gibt, die sich nicht unseren Verhältnissen anpassen können, unserm Klima z. B. nicht gewachsen sind, so wird infolgedessen eine Selektion stattfinden. Wenn nun eben jene Formen fehlschlagen, welche entweder einen aussergewöhnlich hohen, oder einen extrem niedrigen Ölgehalt zu produzieren im Stande wären, so würde dieses zudem erklären, weshalb bei diesem Versuche der Gehalt der ölreichen Sorten zurückgegangen, der ölarmen jedoch gestiegen ist.

Nur weitere Untersuchungen werden aber lehren können, ob diese Annahme richtig ist, und ob es möglich ist, unseren Verhältnissen angemessene, ölreiche Formen zu finden.

§ 3. *Einfluss des Standraumes auf die Ölproduktion.*

Wir haben bisjetzt gesehen, wie sowohl bei unserem einheimischen, kultivierten und wildwachsenden Kümmel, wie bei dem ausländischen von verschiedener Herkunft, grosse Unterschiede im Ölgehalte der Früchte gefunden wurden. Ueber die Ursachen dieser Differenzen wissen wir aber einstweilen noch nichts Bestimmtes.

Wenn wir dieser Frage aber etwas näher treten, so liegt es wohl auf der Hand, hier zwei Gruppen von beeinflussenden Faktoren zu unterscheiden, nämlich:

1. Innere Faktoren, infolge des eventuellen Vorkommens verschiedener Formen in der Art *Carum Carvi L.*, welche sich erblich voneinander unterscheiden könnten durch grössere odere geringere Fähigkeit, ätherisches Öl zu bilden, und

2. Äussere Einflüsse, wobei wir an erster Stelle denken mögen an die Bodenart, die Düngung und den Standraum.

Ueber die erste Gruppe, der inneren Faktoren, kann

ich vorläufig keine Befunde mitteilen, weil es mir noch nicht gelungen ist Genotypen zu isolieren, wiewohl ich Gründe habe um anzunehmen, dass solche, oder deren Kombinationen, bestehen. Auf diese Möglichkeit habe ich bereits im vorhergehenden Paragraphe hingewiesen.

Etwas günstiger steht es mit der zweiten Gruppe, bei der ich mich inzwischen bis dahin beschränken muss auf den Faktor: Standraum, über dessen Einfluss ich hier Einiges mitteilen werde.

Von vornherein glaubte ich eine Hinweisung in diese Richtung zu sehen in den Ergebnissen meiner Untersuchung der Ernte 1910. Es ergab sich dabei ja, dass der nordholländische Kümmel im allgemeinen den höchsten Ölgehalt besass, und weil ich nun den Eindruck bekommen hatte, dass in Nord-Holland der Stand des Kümmelgewächses gewöhnlich etwas weniger dicht war als in anderen Kümmelbauenden Gegenden, so könnte, meiner Meinung nach, hierin die Erklärung zu finden sein.

Diese Erwägung wurde Anlass zu einem Kulturversuche, bei dem eine und dieselbe Kümmelsorte in *vier verschiedenen Weisen*, hinsichtlich des Wachsraumes, der den Pflanzen zur Verfügung stand, angebaut wurde [1]).

In einem zum Kümmelbau bestimmten Felde [2]) des Herrn D. C. Rezelman im Anna-Paulownapolder, wurde ein Versuchsfeld angelegt auf einem möglichst gleichmässigen, sandigen Lehmboden. Es wurde dafür Sorge getragen, dass das Versuchsfeld überall durch das gewöhnliche Kümmelgewächs des Herrn Rezelman eingeschlossen war. Uebrigens fand die Anlage nach denselben Grundsätzen

---

[1]) Auch dieser Feldversuch wurde, wie der im vorigen Paragraphe besprochene, unter Mitwirkung der „Vereeniging tot Ontwikkeling van den Landbouw in Hollands Noorderkwartier" ausgeführt.

[2]) Die Vorfrüchte waren: Flachs, Spinat, Weizen. Vor dem Säen des Kümmels war der Boden gedüngt mit 1000 KG. Superfosfat pro HA.

statt, wie beim oben beschriebenen Versuchsfelde mit den ausländischen Sorten.

Die Säesaat war gewöhnliche einheimische, von der Samenhandlung Poortman in Rotterdam bezogene Kümmelsaat.

Es ergab sich, dass dieselbe 4.17 % Kümmelöl enthielt, welches zu 55,5 % aus Carvon bestand; der Carvongehalt der Saat war also 2.31 %.

Das 96 m. lange und 24 m. breite (2 Acker von 12 m. Breite) Versuchsfeld wurde nun in der folgenden Weise eingerichtet. Es wurde verteilt in 20 gleichen Parzellen, je 24 m. lang (die Breite des Versuchsfeldes) und 4.8 m. breit. Die Kümmelreihen liefen in der Länge der Parzellen, also quer über die beiden Aecker.

Das Gewächs wurde nun in 4 verschiedenen Weisen kultiviert.

A. Auf den Parzellen No. 1, 5, 9, 13 und 17 wurden je 16 Reihen Kümmel gesät, mit einer Reihenentfernung von 30 cm.

B. Auf den Parzellen No. 2, 6, 10, 14 und 18 ebenfalls je 16 Reihen Kümmel, mit einer Reihenentfernung von 30 cm., aber *in den Reihen* wurde das Gewächs nachher gedünnt, so dass pro 30 cm. nur eine einzige Pflanze übrig blieb.

C. Auf den Parzellen No. 3, 7, 11, 15 und 19 je 8 Reihen Kümmel, mit einer Reihenentfernung von 60 cm.

D. Auf den Parzellen No. 4, 8, 12, 16 und 20 ebenfalls je 8 Reihen Kümmel mit einer Reihenentfernung von 60 cm., aber *in den Reihen* wurde das Gewächs nachher, gleichwie bei B, gedünnt, so dass pro 30 cm. nur eine einzige Pflanze übrig blieb.

Als Ueberfrucht wurden vorher kleine grüne Erbsen gesät mit einer Reihenentfernung von 60 cm.; diese Reihen ebenfalls quer über die beiden Aecker; danach wurde, am 10 April 1912, der Kümmel, mittels einer einreihigen Handsäemaschine [1]), zwischen den Erbsenreihen gesät.

---

[1]) Die amerikanische Maschine *Planet Jr. No. 3.*

Die Reihenentfernung von 60 cm. ist für den Kümmel zwar eine abnorm grosse, aber ich wählte dieselbe eben um Extreme zu erhalten, wodurch der Einfluss des Standraumes sich deutlicher offenbaren würde.

Die Behandlung des Gewächses war weiter dieselbe, wie im Anna-Paulownapolder üblich, mit Ausnahme selbstverständlich des Dünnens der Parzellen B und D, welches im August stattfand, nachdem die Erbsen entfernt worden waren. Es wurde dann zudem darauf acht gegeben, dass A und B in den Reihen überall einen gewöhnlichen dichten Stand hatten; in den Reihen von B und D wurden soviele Pflanzen ausgejätet, dass die übrig bleibenden ungefähr 30 cm. voneinander entfernt standen.

In der Mitte von Juni 1913, also eben vor dem Reifen der Samen, zeigte sich der Stand der Parzellen sehr verschieden. Alle Parzellen mit einer Reihenentfernung von 30 cm. und einem dichten Stand in den Reihen (die Parzellen A) trugen ein normal aussehendes Gewächs; auf den Parzellen B, wo also die Reihen gedünnt waren, war das Gewächs weniger gut. Die Reihenentfernung von 60 cm., mit normalem dichten Stand in den Reihen (die Parzellen C), hatte ein Gewächs gegeben, welches sich anscheinend nicht von demselben der Parzellen A unterschied; das Gewächs der Parzellen D aber, wo die Pflanzen den dünnsten Stand hatten, war entschieden schlecht.

Wir werden sehen, dass auch der Samenertrag hiermit ganz übereinstimmte. Gegen Ende Juli 1913 wurde der Kümmel geerntet und sogleich gedroschen und gewogen. Aus den Samenpartien A, B, C und D (nach Zusammenfügung der 5 Parzellen) wurde je ein Muster von etwa 1 kg. gezogen, welches zur Bestimmung des Ölgehalts und der Ölqualität dienen sollte.

Die Ergebnisse dieses Versuches waren die folgenden:

K. Zijlstra phot.

Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 3.

Fig. 4.

Fig. 5.

Zijlstra phot.

Standraum.	Ölgehalt.	Carvongehalt des ätherischen Öls.	Carvongehalt der Früchte.	Samenertrag in kg.	Samenertrag in Ballen von 50 kg. pro HA.
A. Reihenentfernung 30 cm., dichter Stand	4.89 %	51.5 %	2.52 %	61.5 kg.	21.4
B. „ 30 cm., dünner Stand	5.14 „	52.0 „	2.67 „	44.5 „	15.5
C. „ 60 cm., dichter Stand	5.03 „	53.0 „	2.67 „	61.5 „	21.4
D. „ 60 cm., dünner Stand	5.44 „	53.0 „	2.88 „	35.5 „	12.2

An erster Stelle ergibt es sich also, dass der Ölgehalt dieser Ernte grösser ist als bei der Säesaat, welche, wie oben schon mitgeteilt wurde, nur 4.17 % Kümmelöl enthielt. Die Qualität des ätherischen Öls ist etwas zurückgegangen (von 55.5 % bis zu 51.5—53.0 % Carvon), aber nur in so geringem Grade, dass der Carvongehalt des Samens der Ernte noch höher ist als bei der Säesaat.

Deutlich zeigt sich hier nun der Einfluss des Standraumes auf die Qualität der Früchte. Diejenigen Pflanzen, welchen *der grösste Wachsraum* zur Verfügung stand, zeigen die *ausgiebigste Ölproduktion*.

Die Unterschiede sind aber nicht gross, wie leicht einzusehen ist, wenn man den Beobachtungsfehler der Ölbestimmungen in Betracht zieht. Wir können nur mit Bestimmtheit sagen, dass A den niedrigsten und D den höchsten Ölgehalt besitzt, während aber B und C nicht hinreichend voneinander abweichen um darüber mit genügender Wahrscheinlichkeit ein Urteil aussprechen zu dürfen.

Auch die Qualität des ätherischen Öls ist bei A am schlechtsten.

Die Samenerträge bieten ein überraschendes Ergebnis dar, weil A und C gleichviel eintrugen, obwohl die Anzahl der Pflanzen von C nur die Hälfte von A betrug.

Die Erträge von B und D waren so gering, dass hierdurch endgültig erwiesen ist, dass eine solche Anbaumethode für die Praxis unbrauchbar ist; der Methode C, — Reihenentfernung 60 cm., mit dichtem Stande in den Reihen — ist, diesem Versuche nach, der Vorzug zu geben, wenn der Carvonertrag am ausgiebigsten sein soll.

§ 4. *Unterschiede in der Ölproduktion einzelner Pflanzen.*

Die experimentellen Untersuchungen über den Gehalt an ätherischem Öle, deren Ergebnisse ich bisjetzt mitgeteilt habe, bezogen sich alle nur entweder auf ganze Gewächse — ohne Zweifel Populationen —, oder, wo von wildwachsenden Pflanzen die Rede war, auf wenigstens mehrere, vor der Untersuchung zusammengefügte Pflanzen. Ich bin mir dementsprechend denn auch wohl bewuszt, dass jene Untersuchungen nichts weiteres beanspruchen können, als eine vorläufige Orientierung in dem vorliegenden Materiale zu sein.

Ich glaube aber, dass dergleichen Untersuchungen an einem Gewächse als solchem gar nicht überflüssig zu sein brauchen; sie können eben einen Beitrag liefern zur besseren Kenntnis einer Landrasse, als wie auch der einheimische kultivierte Kümmel aufzufassen ist. Wenn man auch die Einwendung machen könnte, dass solches Material doch sehr ungleich beschaffen sein kann, so glaube ich jedoch nicht, dass dafür im gegebenen Falle genügende Gründe anzuführen sind. Wenn wir hier wirklich mit einem Gemische vieler, genotypisch verschiedener, Formen zu tun haben, so wird doch diese Landrasse, welche schon seit

langem unter nahezu denselben Verhältnissen in den Niederlanden angebaut worden ist, keine bedeutende Veränderungen in ihrer Zusammensetzung mehr erleiden.

Wenn wir aber über das Vermögen der Pflanzen, ätherisches Öl zu bilden, Näheres zu wissen verlangen, oder versuchen wollen, genotypische Unterschiede ausfindig zu machen, so müssen wir herabsteigen zu den zusammensetzenden Elementen dieses Gewächses, also zu den einzelnen Pflanzen. Es tut sich dann von selbst die Frage auf, wie gross die Unterschiede in der Ölproduktion bei einzelnen Pflanzen sind, und weiter, ob die Unterschiede nur der fluktuierenden Variabilität zuzuschreiben, oder aber genotypischer Natur sind.

Ich habe schon längst in diese Richtung Versuche anzustellen beabsichtet, aber dieser Vorsatz musste bis dahin scheitern an der Bedingung der verhältnismässig grossen Quantität der Früchte, die zu einer einigermassen sicheren Ölbestimmung erforderlich ist; es war mir nicht möglich, eine genügende Menge reifer Früchte einer einzelnen Pflanze zu gewinnen. Eine Menge von gut 30 g. Früchte wird erstens nur durch die kräftigsten Pflanzen produziert, und dann wird das Sammeln der reifen, während des trockenwerdens so leicht abfallenden, Früchte bei unter natürlichen Verhältnissen wachsenden Pflanzen sehr beschwerlich.

Schliesslich aber ist es mir doch gelungen, Pflanzen zu bekommen, die eine solche Untersuchung mit den gegebenen Mitteln zulassen. Es betrifft hier nämlich Kümmelpflanzen, welche die Eigenschaft besitzen, die Früchte nicht fallen zu lassen. Es war bei diesen Pflanzen möglich, die Früchte auf natürliche Weise reif und trocken werden zu lassen und dennoch alle zu behalten.

Solche Pflanzen kommen ab und zu in der Kultur vor, sind aber selten. Auch unter wildwachsenden Kümmelpflanzen finden sie sich; so habe ich einige mit dieser

Eigenschaft gesammelt auf dem Rheindeich in der Nähe des Grebbebergs bei Wageningen [1]).

Ölbestimmungen an einzelnen Pflanzen habe ich nun ausgeführt bei aus einer meiner Kulturen stammendem Material, nämlich bei 8 kräftigen Pflanzen. Die Kultur, der diese Pflanzen entnommen wurden, hat im Jahre 1909 angefangen, aus Säesaat, welche ich aus dem Botanischen Garten der Universität Utrecht empfangen hatte. Seitdem habe ich diese Sorte stets gesondert weiterkultiviert, eben weil sich darin Pflanzen fanden, deren Früchte bei der Reifung weder spalteten, noch nach völliger Trocknung abfielen. Erst im Jahre 1914 entwickelten sich in dieser Kultur einige Pflanzen mit dieser Eigenschaft so kräftig, dass sie je eine genügende Menge Früchte lieferten um eine Ölbestimmung möglich zu machen.

Diese Pflanzen haben sich unter denselben normalen Verhältnissen entwickelt und sind somit ohne weiteres untereinander vergleichbar. Nur eine der betreffenden Pflanzen ist eine gewöhnliche, insofern die Früchte bei der Reifung spalten und abfallen; dieselbe war aber sehr kräftig entwickelt und bei grosser Sorgfalt gelang es mir, alle Früchte in reifem Zustande zu sammeln.

Die Früchte aller Pflanzen wurden an einer sehr trocknen Stelle aufbewahrt und vor den Ölbestimmungen sorgfältig von allen fremden Beimischungen, wie Teile von Fruchtstielchen, Blättern u. s. w. gereinigt.

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen finden sich hier in der unterstehenden Tabelle.

Die Pflanzen unterscheiden sich also untereinander ziem-

[1]) Diese wildwachsenden Pflanzen waren nicht kräftig entwickelt und lieferten nicht genug Früchte zur Ölbestimmung der einzelnen Pflanze. Die Früchte einiger Pflanzen zusammen wurden untersucht; der Ölgehalt betrug 5.84 %; der Carvongehalt des ätherischen Öls war 55.0 %, der Carvongehalt der Früchte also 3.21 %.

Nummer der Pflanze.	Ölgehalt.	Brechungskoeffizient des ätherischen Öls.	Carvongehalt des ätherischen Öls.	Carvongehalt der Früchte.
094	2.36 %	1.4861	56.0 %	1.32 %
096	2.80 „	63	57.0	1.60
0116	3.06 „	59	55.5	1.70
083	3.47 „	54	54.5	1.89
0162	3.55 „	37	46.5	1.65
052	3.85 „	48	51.0	1.96
0123	3.98 „	55	54.0	2.15
0156	4.10 „	65	58.0	2.38

lich stark; der niedrigste Ölgehalt ist hier 2.36 %, der höchste 4.10 %. Die Qualität des Öls schwankt nur wenig; nur eine Pflanze, No. 0162, hatte ein ätherisches Öl mit einem abnorm niedrigen Brechungskoeffiziente. Ausser dieser Pflanze entspricht einem höheren Gehalt an ätherischem Öle auch ein höherer Carvongehalt der Früchte.

Bei der Betrachtung der gefundenen Ölgehalte müssen wir nun wieder den Beobachtungsfehler ($\pm$ 0.056) beachten, welcher der Ölbestimmung anhaftet. Wenn wir also wiederum als äusserste Grenzen des tatsächlichen Ölgehaltes den gefunden Wert $\pm 3 \times 0.056$ betrachten, so dürfen wir schliessen, dass die Pflanze 094 sicher den niedrigsten Ölgehalt besitzt.

Die Pflanzen 096 und 0116 können von gleichem Gehalte sein, haben aber beide weniger ätherisches Öl produziert als all die folgenden der Tabelle.

Auf diese Weise können wir noch weitere Gruppen bilden, nämlich [083 und 0162]; [0162 und 052]; [052, 0123 und 0156].

Die Pflanzen 083 und 0162 können nach Ölgehalt wohl gleich sein, besitzen aber, was 083 betrifft sicher, was

0162 betrifft höchstwahrscheinlich, weniger Öl als die Gruppe [052, 0123 und 0156].

Die 3 letztgenannten Pflanzen sind möglicherweise gleich; 0123 und 0156 besitzen aber sicher mehr Öl, als eine jede der ersten 5 Pflanzen der obenstehenden Tabelle.

Es hat sich also gezeigt, das anscheinend gleichartige Pflanzen einer Kultur, welche sich unter gleichen Bedingungen entwickelt haben, eine sehr verschiedene Fähigkeit zur Bildung von ätherischem Öle besitzen. Durch die hier angewandte Methode ist es nun möglich, aus einem bestimmten Kümmelgewächse mehrere Pflanzen zu isolieren, die sich durch eine grössere oder geringere Ölproduktion auszeichnen. Die Frage aber, ob man hier nur mit einer fluktuierenden Variation oder mit Unterschieden genotypischer Natur zu tun hat, muss ich vorläufig dahingestellt sein lassen; die Beantwortung wird erst nach eingehenden weiteren Untersuchungen möglich sein.

Wageningen, Dezember 1916.

ABBILDUNGEN IM TEXTE.

			Seite.
Fig.	1.	Medianer Längsschnitt durch ein Gynaeceum	176
„	2.	Gynaeceum der Blüte im ♂ Stadium . . .	177
„	3.	„ „ „ „ ♀ „ . . .	177
„	4.	Blütendiagramm	179
„	5.	Reife trockne Frucht vor der Spaltung . .	179
„	6.	Querschnitt durch eine unreife Frucht . .	180
„	7.	Keim aus einem gequollenen Samen . . .	181
„	8.	Querschnitt durch ein reifes Mericarp . .	191
„	9.	Optische Längsschnitte durch zwei Vitta-Abteilungen einer reifen Frucht.	193
„	10.	Epithelzellen einer Vitta. Flächenansicht und Längsschnitt	195
„	11.	Gefässbündelverlauf in der Frucht	199
„	12.	Medianer Längsschnitt durch die Spitze eines reifen Mericarps	207
„	13.	Medianer Längsschnitt durch ein reifes Mericarp	211
„	14.	Endospermzellen und Aleuronkörner . . .	212
„	15.	Florentiner Flasche	248
„	16.	Teile von drei jungen Ölstriemen mit langgestreckten Öltropfen	254
„	17.	Destillationsröhre	284
„	18.	Brechungskoeffizientenkurve der Carvon-Limonen-Gemische	290
„	19.	Abgeänderte Florentiner Flasche	292

Seite.

Fig. 20. Ölgehalt, Carvongehalt und Länge der Teilfrüchte. (Graphische Darstellung) 316

„ 21. Öl- und Carvongehalt von Saat und Ernte. (Graphische Darstellung) 328

ERKLÄRUNG DER TAFELN.

Tafel IX. Blühende kultivierte Pflanze; bei Beginn des Blühens. Hauptachsendolde schon abgeblüht.

Tafel X. Fig. 1. Photogr. eines Döldchens einer Hauptachsendolde bei Beginn des Blühens. Vergrösserung $\frac{5}{1}$.

Fig. 2. Photogr. eines Döldchens im ♂ Stadium, nach Entfernung vieler Blüten; nur die in der Medianfläche des Döldchens stehenden Blüten übrig geblieben. Vergrösserung $\frac{5}{1}$.

Fig. 3. Photogr. eines Döldchens im ♀ Stadium, ebenfalls nach Entfernung der nicht in der Medianfläche stehenden Blüten. Vergrösserung $\frac{5}{1}$.

Fig. 4. Photogr. einer Blüte im ♂ und einer im ♀ Stadium. Von der ersten schon 3 Staubfäden abgefallen; 3 der Blumenblätter entfernt. Zwischen beiden Blüten ein Discus mit den beiden noch gekreuzten Griffeln, von oben gesehen. Vergrösserung $\frac{5}{1}$.

Fig. 5. Mikrophotogr. eines Streifens der Fruchtwand einer reifen Frucht, mit einer Vitta. Vergrösserung $\frac{12}{1}$.

INHALT.

Seite.
Einleitung 159
I. Kapitel. Beschreibung der Pflanze 163
II. Kapitel. Der mikroskopische Bau der Frucht . . 183
III. Kapitel. Das Blühen und die Bestäubung . . . 219
IV. Kapitel. Das ätherische Kümmelöl 246
§ 1. Gewinnung des ätherischen Öls und die Bestandteile desselben 246
§ 2. Ueber die Entstehung des ätherischen Öls . 251
§ 3. Gehalt der Kümmelfrüchte 260
§ 4. Bestimmung der spezifischen Depression. Behandlung des Gefrierapparates 269
V. Kapitel. Die Dampfdestillation 282
§ 1. Verbesserung der Methode 282
§ 2. Bestimmung der Beobachtungsfehler 299
VI. Kapitel. Einige mittels der Ölbestimmungsmethode ausgeführte Untersuchungen 311
§ 1. Gehaltsunterschiede beim niederländischen Kümmel eines und desselben Erntejahres. Äusseres Aussehen und Qualität 311
§ 2. Vergleichung ausländischer Kümmelsorten mit unserem einheimischen Kümmel, unter denselben Kulturverhältnissen 321
§ 3. Einfluss des Standraumes auf die Ölproduktion 331
§ 4. Unterschiede in der Ölproduktion einzelner Pflanzen 336

DRUCKFEHLER-BERICHTIGUNG.

Seite 168, Zeile 8 von unten lies:
Tafel IX statt Tafel I.

INDEX ALPHABÉTIQUE

par

INA VOORMOLEN.

A.

Abbe (Universal Refractometer von) 289.
Aberson (J. H.) 294.
Aceraceae 101.
Acer negundo L. 76, 101.
Acer platanoides L. 101.
Ackersenf 70.
Actinomyces 88.
Aegopodium podagraria L. 76, 101.
Aethusa Cynapium L. 219, 220.
Agronomie 71.
Alecterolophus major Rchb. 85, 102.
Allium cepa L. 68, 80, 83, 96.
Allium hymenorhizum Leb. 80, 96.
Allium sphaerocephalum L. 80, 96.
Allium vineale L. 80, 96.
Alnus glutinosa Gaertn. 87, 91, 93, 104.
Amanita muscaria 74.
Amaryllidaceae 97.
Ammineae 167.
Amstel (Miss J. E. van) 1.
Anemone nemerosa L. 99.
Anethum graveolens L. 219
Angelica silvestris L. 101.
Angelstein 7.
Anthoxanthum odoratum L. 96.
Apioideae 167.
Apocynaceae 102.
Aquifoliaceae 101.
Araceae 96.
Aristolochiaceae 101.
Aristolochia clematitis L. 101.
Artemisia vulgaris L. 102.
Arum maculatum L. 96.
Ascomycetes 79, 94.
Ascophyllum nodosum Le Jolis 79, 94.
Asparagus officinalis L. 96.
Asperula odorata L. 102.
Aspidium filix Mas. Sw. 72, 75.
Astrantia 220.
Aucuba japonica Thb. 76, 77, 101.
Aulacidea hieracii 38.
Autodigestion 73.
Autolyse 72.
Autotrophen 72, 75.

B.

Bacillus ureae 82.
Baily 247.
Barbarea vulgaris R. Br. 81, 99.
Bary (De 193.
Batrachium spec. 99.
Bauman 82.
Baur (E.) 319.
Beckmann (E.) 265, 266, 267, 268, 269, 270, 271, 275, 278, 282, 286.
Beckmann-apparat 268, 271.
Beckmann'sche Gefrierröhre 266
Beckmann'sche methode der Gefrierpunktserniedrigung 162, 268.
Beckmann-thermometer 268, 275, 278.
Beketow 237.
Benjamins 87.
Bessel 114, 116.
Beta 66.
Beta vulgaris L. β cicla 98.
Betulaceae 80, 98, 104.
Betula pubescens Ehrh. 76, 98.
Biochemie 66.
Biorhiza terminalis 98.
Bischoff 172.
Blackman 1, 2, 10, 13.
Blattgallen 33.
Blomeyer (A) 160.
Blumengallen 39.
Bohr 27.
Bokorny (Th.) 77.
Boletus badius Fr. 95.
Boletus edulis B. 79, 95.
Boorsma (Dr.) 43.
Bottomley 88.
Boussingault 69, 71.
Brassica oleracea L. 81, 99.
Brassica Rapa L. 76, 77, 99.
Bravais 116.
Bromus mollis L. 96.
Bruyker (Dr. C. de) 137.
Bryophyta 80, 81, 91.
Buchweizen 78.
Bunias orientalis L. 75, 81, 99.
Burck 220, 221, 222, 225, 227.
Burri (R.) 82.
Buxaceae 101.
Buxus sempervirens L. 77, 101.

C.

Calluna vulgaris. Salisb. 75, 81, 89, 91, 101, 104.
Caltha palustris L. 99.
Campagne (v. Lookeren) 69.
Cantharellus cibarius Fr. 79, 94.
Caprifoliaceae 102.
Carex panicea L. 83, 96.
Carex spec. 91.
Carinae 167.
Carum carvi L. 159, 168, 188, 237, 241, 331.
Caryophyllaceae 98.
Ceratophyllum demersum 71.
Charabot 258.
Charabot (et Gatin) 257, 258.
Characeae 94.
Chara foetida A. Br. 94.
Cheiranthus cheiri L. 99.

Chelidonium majus L. 72, 99.
Chenepodiaceae 98.
Chenopodiaceen 74.
Chenopodium album L. 98.
Chondrus crispus L. 79, 94.
Chorda filum Stackh. 79, 94.
Cirsium anglicum Lobel 82, 103.
Citrus aurantium 258.
Cladonia pyxidata Ach. 80, 91, 95.
Cladonia rangiferina Ach. 80, 91, 95.
Clavaria fragilis Holmsk 79, 95.
Clitocybe infundibiliformis Sch. 74, 79, 89, 94.
Cohn 7.
Colchicum autumnale L. 97.
Commelinaceae 96.
Composées 38.
Compositae 102.
Compositen 82.
Coniferae 95, 104.
Convolvulaceae 102.
Coprinus spec. 74, 94.
Cornaceae 101.
Corydalis solida Sm. 99,
Corylus Avellana L. 98.
Coulter (and Rose) 168.
Courchet 169.
Crambe cordifolia Stv. 81, 99.
Crambe maritima L. 99.
Crassulaceae 100.
Crocus sativus L. 97.
Crofton 116.
Cronesche Lösung 77, 78, 90.
Cruciferae 80, 91, 99.
Cruciferen 81.
Cupuliferae 98, 104.
Cuscuta epithymum L. 85, 102.
Cyperaceae 96.
Cytisus Adami 184.
Cytisus Laburnum 184.
Czapek 66, 258.

D.

Dammer (O) 247.
Darwin's Kreuzungsgesetz 221.
Debski 64.
Derlitski 165.
Docters van Leeuwen (W) 32.
Docters van Leeuwen—Reynvaan (W. und J.) 30, 32.
Drosera 84.
Drosera anglica Huds. 75, 81, 100.
Drosera-arten 91.
Droseraceae 75, 81, 100.
Drosera intermedia Hyn. 75, 81, 100.
Drosera rotundifolia L. 81, 100.
Drude 167, 168, 178, 219, 241.
Dryophanta folii 98.

E.

Ebermayer (E.) 68.
Ehrenberg (P.) 69, 70.
Eichler 175, 177.
Eleagnaceae 104.
Emergenzen 36, 37, 40, 41.
Empetraceae 101.

Empetrum nigrum L. 81, 91, 101.
Engler (und Prantl) 167, 168, 194.
Epipactis latifolia All. 72.
Epipactis palustris Crntz. 84, 97
Equisetaceae 95.
Equisetum arvense L. 95.
Equisetum palustre L. 95.
Equisetum silvaticum L. 72, 75.
Erica 89.
Ericaceae 75, 81, 84, 85, 92, 93, 101, 104,
Erica Tetralix L. 75, 81, 83, 90, 91, 101, 104.
Eriophorum polystachyum L. 83, 91, 96.
Eriophyes sesbaniae Nal. 30.
Erophila verna E Meyer 81, 99.
Errera (Prof.) 137.
Euphrasia nemerosa Pers. 85, 102
Evasion 3.
Evernia prunastri Ach. 80, 95.
Exner 26.

F.

Fagopyrum esculentum Mnch. 83, 90.
Fagus silvatica L. 76, 84, 92, 98, 104.
Fechner—Weber (Law of) 135.
Ficaria verna Huds. 76, 99.
Filices 95.
Flagellata 90, 94.
Flemming'sches Gemisch 190, 201.
Florentiner Flasche 248, 292, 307.
Foeniculum capillaceum Gilb. 202.
Foeniculum officinale 254.
Fucus serratus L. 94.
Fuligo varians Sommf. 94.
Fumariaceae 99.
Fungi 90.

G.

Galanthus nivalis L. 97.
Galeobdolon luteum Huds. 102.
Gallen 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36.
Gallmilbe 30, 32, 35.
Galton 108, 109, 113, 122.
Gärtner (Tiemann—) 11.
Gatin (Charabot et) 257, 258.
Gaussian error curve 110.
Genista anglica 93.
Gentianaceae 102.
Gentiana pneumonanthe L. 75, 81, 82, 91, 93, 102.
Geoglossum glabrum Pers. 94.
Gerste 70.
Gerth van Wijk 168.
Geum rivale L. 100.
Gigartina mamillosa J. Aq. 79, 94.
Gildemeister (und Hoffmann) 247, 250, 262.
Giustiani 70.
Glyceria fluitans R. Br. 96.
Goedhart 79.
Gramineae 96.
Gymnadenia conopea R. Br. 72.

H.

Hafer 69, 70,
Haga (Miss A.) 138, 139.
Hall (Merce and) 325, 326.
Hambley 66.
Hébert 258.
Hefner-candles 14.
Heiden (E.) 71.
Heidenhain's Eisen-Haematoxyline 255.
Heinrici-Heisluftmotor 291.
Heinsius 79.
Heizmann (Dampfüberhitzer nach) 299, 307.
Heliocharis multicaulis Sm. 83, 96.
Helodea canadensis 1, 2, 3.
Hesperis matronalis L. 99.
Hexenbesen 31.
Hexenbesen (Wirrzopf) 42, 43.
Heymans (Prof. G.) 111, 134.
Hieracium umbellatum 38.
Hiltner 88.
Hippophae rhamnoides L. 88, 104.
Hoffmann (Gildemeister und) 247, 250, 262.
Hoitsema (Brothers) 105.
Holcus lanatus L. 96.
Holoparasiten 85.
Holosaprophyten 85.
Hottonia palustris L. 102.
Hyacinthus orientalis L, 76, 77, 80, 97.
Hydnum imbricatum L. 94.
Hydrocotyle vulgaris L. 83, 101, 220.
Hydrocotyloideae 167,
Hymenomycetes 79, 89, 90, 94.
Hugershoff 271, 274, 307.
Hutchinson (H. B.) 70.

I.

Iberis sempervirens L. 99
Ilex aquifolium L. 77, 101.
Insectivoren 81, 83, 90, 91, 93.
Invasion 3.
Iridaceae 97.
Isatis tinctoria L. 72.
Iterson Jr. (Prof. Dr. G. van) 29.

J.

Janssonius 184, 188.
Janssonius (Moll und) 184, 185.
Johannsen 288.
Juglandaceae 98.
Juglans regia L. 76, 98.
Juniperus communis L. 77, 95.
Juncaceae 96.
Juncus effusus 71.
Juncus squarrosus L, 83, 91, 96.

K.

Kaan (K. A.) 323, 324.
Kahlbaum 67, 291.
Kapteyn, Ph. D.; Sc. D. (J. C.) 105.
Kartoffeln 70.
Kartoffelpflanzen 78.
Kellner (O.) 71.
Kerner von Marilaun 220.
Kniep (Hans) 3, 12, 26.
Kohl 81.
Kohlarten 91.
Kohlrausch 288.
Kondo 165.
König 71.
Körnicke (und Werner) 164.
Krüger (W.) 70.
Kruseman (G.) 312, 320.

L.

Labiatae 102.
Lactarius turpis Fr. 79, 94.
Lactarius vellereus Fr. 79, 94.
Laminaria digitata L. 94.
Lamium album L. 102.
Laplace 115.
Larix decidua Mill. 96.
Lauch 91.
Laucharten 81.
Laurent 87.
Lehman 70.
Leimbach 259.
Lentibulariaceae 102.
Lepidium sativum L. 76. 81, 83, 99.
Leucobryum glaucum Hpe. 81, 95.
Lichenes 80, 89, 90. 91, 95.
Liebig 69.
Liliaceae 80, 81, 82, 91, 96.
Linné'sche Methode 184.
Linum crepitans 138, 139, 149.
Linum usitatissimum L. 44, 61.
Listera 84.
Listera ovata R. Br. 72, 84, 85, 92, 97.
Lobeliaceae 102.
Lobelia Dortmanna L. 81, 102.
Longi 66.
Lookeren Campagne (v,) 69.
Lunaria annua L. 76, 99, 100.
Lupinus 71.
Lupinus luteus L. 74, 86, 87, 91, 100, 103.
Lupinus polyphyllus Lal. 86, 100, 103.
Luther (Ostwald—) 268, 272, 288, 304.
Lycopodiaceae 95, 104.

M.

Magnoliaceae 99.
Magnolia precox Cor. 80, 99.
Magnus (W.) 42, 43.
Mansholt (U. J.) 160.
Mansholt (Dr. R. J.) 161.
Marchal (E.) 86.

Marchantia polymorpha L. 81, 95
Melampyrum pratense L. 85, 102.
Melandrium rubrum Garcke 72.
Mendelsche Spaltungsregel 45, 48, 51, 62.
Mendel-Spaltung 51.
Mentha piperita L. 258.
Menyanthes trifoliata L. 102.
Mercer (and Hall) 325, 326.
Merck (E.) 67, 270, 277, 291, 306.
Mercurialis 66.
Meyer (Arthur) 254, 255, 256.
Mikrochemie 63.
Milben 32, 34.
Miller 70.
Möhlau (Dampfüberhitzer nach) 294.
Molisch (H.) 63, 64, 68.
Moll (Prof. Dr. J. W.) 122, 164, 166, 183, 184, 185, 186, 188.
Moll (en Janssonius) 184, 185.
Monotropa 85.
Monotropa hypopitys L. 81, 85, 101.
Mucor Mucedo 136, 148.
Mucor Mucelagineus 137.
Müller (Hermann) 220, 221, 222, 225.
Müntz 69.
Musci 95.
Mutatietheorie 227.
Mycorrhiza 84, 85, 88, 89, 92, 93, 103.
Mycotrophen 63, 72, 81, 83, 84, 85, 89, 90, 91, 93.
Myrica 88.
Myricaceae 80, 98, 104.
Myrica Gale L. 80, 87, 91, 93, 98, 104.
Myrica rubra 88.
Myriophyllum proserpinacoïdes 71.
Myxomycetes 94.

N.

Nagaoka (M.) 71.
Narcissus Tazetta L., 76, 80, 97.
Narthecium ossifragum Huds. 81, 82, 97.
Nasturtium amphibium R.Br. 100
Nathanson 9.
Neottia 85.
Neottia nidus avis Rich. 72, 84, 85, 97.
Nessler's Reagens 64, 65, 67.
Nicolaysen 261.
Nieuwenhuis—von Uexküll-Güldenband (M.) 196.
Nobbe 88.
Nobbe—Sieb 307.
Noctiluca miliaris Sur. 79, 90, 94.

O.

Oakes (W. H.) 157.
Oden (S.) 82.
Oenothera Lamarckiana 109.
Oesterle (Tschirch und) 202.

Ombellifères 169.
Ornithogalum umbellatum L. 81, 97.
Orchidaceae 81. 84, 93, 97.
Orchideen 92.
Orchisarten 84, 91.
Orchis incarnata L. 81, 97.
Orchis latifolia L. 81, 84, 92, 97.
Orchis maculata 84, 97.
Orobanchaceae 102.
Orobanche Rapae Genistae Thuil. 85, 102.
Ostwald (Luther—) 268, 272, 288, 304.
Oudemans 172, 178, 186.
Oudemans (en de Vries) 186.

P.

Papaveraceae 99.
Papaver orientale L. 99.
Papilionaceae 80, 86, 87, 91, 100, 103.
Papilionaceen 80, 87, 88.
Papalionaceenblumen 31,
Papalionaceenknöllchen 92.
Parmelia physodes Ach. 80, 95.
Pearson 110, 114, 115, 135.
Pedicularis silvatica L. 85, 102,
Peltigera canina Ach 68, 74, 80, 89, 95.
Pesch (van) 160.
Peziza spec. 80, 94.
Pflanzenmikrochemie 63.
Pfeffer (W.) 1, 71, 211.
Phaeophyceae 79, 94.
Pholiota squarrosa Müll, 94.
Photometer (Weber's) 13.
Pimpinella Anisum L. 202.
Pinguicula 81.
Pinguicula vulgaris L. 81, 91, 102.
Pinus silvestris L. 77, 84, 92, 96, 104.
Pirolaceae 101.
Pirus baccata L. 100.
Pirus malus L. 100.
Pisum sativum L. 70, 76, 77, 90, 100.
Pitsch 69.
Platanthera 84.
Platanthera bifolia Rchb. 81, 91, 97.
Poa annua L. 96.
Podocarpus elata R. Br. 88, 84. 104.
Polygala amara L. 72.
Polygalaceae 100.
Polygala depressa Wend. 81, 82, 91, 100.
Polygonaceae 98.
Polygonum sachalinense Fr. Schmidt 98.
Polyporus perennis L. 95.
Polytrichum commune L. 80, 95,
Polytrichum juniperinum Willd 80, 95.
Pometia pennata Forst. 42.
Poortman 333.
Postma (G.) 136, 137.
Prantl (Engler und) 167, 168, 194.

Prianischnikow 70.
Primulaceae 101.
Primula elatior Jacq. 101.
Pringsheim (E. G.) 69.
Psilotum triquetrum Sw. 84, 104.
Psychotria bacteriophila Val. 88, 104.
Pteridophyta 80.
Pteris aquilina L. 95.

Q.

Quercus Robur L. 76, 98.
Quetelet 114, 115, 116.

R.

Ranunculaceae 99.
Ranunculus repens L. 99.
Reinders 160.
Rezelman (D. C.) 332.
Rheostat 6.
Rhodophyceae 79, 94.
Ribes grossularia L. 100.
Ribes sanguineum Pursh. 100.
Robinia pseudacacia L. 86, 103.
Rosaceae 100.
Rose (Coulter and) 168.
Rubiaceae 102.
Rubiaceenblätter 88.
Runkelrüben 70.
Russula fragilis Fr. 94.

S.

Sagittaria sagittifolia 71.
Salicaceae 98.
Salix cinerea L. 76, 80, 98.
Salix repens L. 98.
Salomon (H.) 64.
Salvinia natans 71.
Sambucus nigra L. 75, 76, 80, 102.
Saniculoideae 167.
Sarothamnus vulgaris Wimm. 86, 100, 103.
Saxifragaceae 100.
Scandix 220.
Scandix Pecten Veneris L. 219.
Schimmel & Co., 248, 250, 258, 261, 262, 263, 269, 290, 291, 311, 312, 319.
Schmidt 66, 165.
Schulz (A.) 219.
Schulze 72.
Scleroderma vulgaris Fr. 95.
Sclerotinia tuberosa Hedw. 80, 94.
Scrophulariaceae 102.
Secale 71.
Sedum purpurascens L. 100.
Selaginella denticulata Lk. 95.
Senecio vulgaris L. 102.
Sesbaniapflanzen 39.
Sesbania sericea D. C. 30.
Seselinae 167.
Shibata 84, 88.
Sisymbrium Alliaria Scop. 72.
Sisymbrium strictissimum 100.
Smit (J.) 160.

Solanaceae 102.
Solanum tuberosum L. 76, 90, 102.
Sonchus oleraceus L. 102.
Spaltung (Mendel) 51,
Spaltungsregel 55, 57.
Spaltungsregel (Mendelsche) 45, 48, 51, 62.
Spargeln 73.
Sphagnum cymbifolium Ehrh. 80, 81, 95.
Spratt 88.
Sprengel 220, 221.
Stahlsche Hypothese 92.
Stellaria medea Voll. 98
Stok (Dr. v. d.) 140.
Stoklasa (J.) 86.
Stopes (Mrs. Dr. Marie C.) 184, 185.
Stutzer (A.) 82.
Sumpfreis 71.
Suzuki 73.

T.

Takabayashi (S.) 69, 73.
Tammes (Dr. Tine) 44, 138, 139, 169, 313.
Ternetz (Ch.) 88, 92.
Thea assamica 76.
Thea chinensis 74,
Tiele 160.
Tiemann—Gärtner 11.
Tradescantia fluminensis Vell. 76, 96.
Tradescantia virginica L. 96.
Treub (M.) 38,
Tricholoma equestre L. 68, 94.
Trifolium pratense L. 86, 101, 103.
Triticum 71.
Troschke 86.
Tschirch 256, 257.
Tschirch (und Oesterle) 202.
Tulipa gesneriana L. 97.
Tunmann (O.) 63, 64.

U.

Uhlitzsch 260, 262.
Umbelliferae 101, 167, 168, 241.
Umbelliferen 159, 167, 175, 192, 211, 219, 220, 221, 225, 227, 237, 254.
Uven (M. J. van) 105.

V.

Vaccinium vitis idaea L. 75, 81, 83, 85, 101.
Valerianaceae 102.
Valeriana dioica L. 102.
Vicia Faba L. 73, 86, 101, 104.
Vilmorin 45.
Vinca minor L. 77, 102.
Violaceae 101.
Viola odorata L. 101.
Vries (Prof. Hugo de) 109, 137.
Vries (Oudemans en) 186.

W.

Walker 66.
Warnstorf 241.
Weber's photometer 13.
Weber (Law of Fechner —) 135.
Weevers (Th.) 63, 74.
Werner (Körnicke und) 164.
Westerdijk (Dr. Joh^a.) 321, 322.
Weyland (H.) 63, 64, 72, 75, 84, 85, 86, 87, 92.
Wicke 74.
Wiedemann 27.
Wieler (A.) 82.
Winkler, 11, 12.
Winogradsky 69.
Wirrzopf-Hexenbesen 42.
Wisselingh (van) 192.
Wijk (Gerth van) 168.

Y.

Yeast 1.

Z.

Zaleski (W.) 72, 73.
Zimmermann (L.) 157,
Zwiebeln 72, 73.
Zijlstra (K.) 159.

SOMMAIRE.

K. Zijlstra. Ueber Carum Carvi L. Mit 21 Textfig. und Tab. IX und X 159
Ina Voormolen. Index alphabétique 344

Recueil

des

Travaux Botaniques Néerlandais,

publié par la

Société Botanique Néerlandaise,

sous la rédaction de M. M.

M. W. Beyerinck, H. Heukels, J. W. Moll,
Ed. Verschaffelt, Hugo de Vries et
F. A. F. C. Went.

Volume XIV.

Nachdruck und Uebersetzung verboten.
Overneming van eenig artikel uit dit tijdschrift is verboden,
overeenkomstig art. 15 en 16 van de auteurswet 1912.

M. de Waal. — 1917. — Groningue.

RECUEIL

DES

TRAVAUX BOTANIQUES NÉERLANDAIS.

Recueil

des

Travaux Botaniques Néerlandais,

publié par la

Société Botanique Néerlandaise,

sous la rédaction de M. M.

M. W. Beyerinck, H. Heukels, J. W. Moll,
Ed. Verschaffelt, Hugo de Vries et
F. A. F. C. Went.

Volume XIV.

Nachdruck und Uebersetzung verboten.
Overneming van eenig artikel uit dit tijdschrift is verboden,
overeenkomstig art. 15 en 16 van de auteurswet 1912.

M. de Waal. — 1917. — Groningue.

SOMMAIRE.

J. Dekker.	Ueber die physiologische Bedeutung des Gerbstoffs. Mit Tab. I—VIII	1
Theo J. Stomps.	Blattbecher und Sprossbecher. Mit Tab. IX und X und 7 Textfig.	61
Marie S. de Vries.	Über die Ursache des Auswachsens des Hypokotyls bei Keimlingen von Avena sativa . . .	109
Dr. Bj. Palm and Dr. A. A. L. Rutgers.	The Embryology of Aucuba Japonica. With 12 Textfig.	119
C. van Zijp.	Beiträge zur Kenntnis der Zingiberaceën. Mit Tab. XI—XIII .	127
Dr. A. Rant.	The white Root-Fungus of Cinchona. With Tab. XIV	143
U. P. van Ameijden.	Geotropism and Phototropism in the absence of free oxygen. With Tab. XV—XIX	149
Ina Voormolen.	Index alphabêtique	218

Recueil

des

Travaux Botaniques Néerlandais,

publié par la

Société Botanique Néerlandaise,

sous la rédaction de M. M.

M. W. Beyerinck, H. Heukels, J. W. Moll,
Ed. Verschaffelt, Hugo de Vries et
F. A. F. C. Went.

Volume XIV. Livraison 1.

Nachdruck und Uebersetzung verboten.
Overneming van eenig artikel uit dit tijdschrift is verboden,
overeenkomstig art. 15 en 16 van de auteurswet 1912.

M. de Waal. — 1917. — Groningue.

RECUEIL

DES

TRAVAUX BOTANIQUES NÉERLANDAIS.

Recueil

des

Travaux Botaniques Néerlandais,

publié par la

Société Botanique Néerlandaise,

sous la rédaction de M. M.

M. W. Beyerinck, H. Heukels, J. W. Moll,
Ed. Verschaffelt, Hugo de Vries et
F. A. F. C. Went.

Volume XIV. Livraison 1.

Nachdruck und Uebersetzung verboten.
Overneming van eenig artikel uit dit tijdschrift is verboden,
overeenkomstig art. 15 en 16 van de auteurswet 1912.

M. de Waal. — 1917. — Groningue.

SOMMAIRE.

J. Dekker. Ueber die physiologische Bedeutung des Gerbstoffs. Mit Tab. I—VIII. 1

Ueber die physiologische Bedeutung des Gerbstoffs

von

J. DEKKER.

Wenn man die Angaben durchsieht, welche die botanische Litteratur über die Gerbstoffphysiologie enthält, so erfährt man bald, dass dieselben keine allgemeinen Regel liefern über das Auftreten des Gerbstoffs in den Pflanzen. Auch über die physiologische Bedeutung in engerem Sinne gelten differente Anschauungen; die verschiedenen Autoren, die sich mit der Gerbstofffrage beschäftigt haben, sind der meist auseinandergehenden Meinung zugetan. Die Gerbstoffhistologie liefert verschiedene wichtigen Fragen, die noch keine endgültige Antwort erhielten. So weiss man z. B. noch nicht, wie der Gerbstoff sich im Allgemeinen verhält im Kambium, im Marke und in den reifen Samen. Für den Physiologen ist von grosser Wichtigkeit die Frage, ob ein Zusammenhang zu entdecken ist zwischen dem Vorkommen des Gerbstoffs in den Blättern und der Assimilation. Interessant wäre es auch, zu wissen, ob der Gerbstoff in Pflanzenkörper bleibt in der Zelle, in welcher derselbe gebildet ist oder dass ein Uebergang von einer Zelle in der andren möglich ist.

1. Ribes.

Das Ziel dieser Untersuchung war, zu versuchen Klarheit in einem oder mehreren der genannten Punkte zu

bringen. Angefangen wurde nun mit einer genauen Untersuchung der Gerbstofflokalisation bei einem Ribes-Art mit rosa Blüten, die als frühblühender Strauch in den holländischen Gärten wohlbekannt ist. Ende Juli wurden zuerst die Äste untersucht, die imselben Jahre gebildet waren.

Diese Äste sind gewöhnlich einen halben Meter lang oder länger. Sie wurden mit den Blättern in 5 %-iger Kaliumbichromat-Lösung gestellt. Diese Substanz wird seit einem halben Jahrhundert benutzt zur Lokalisation des Gerbstoffs und tatsächlich gelingt dieses bei *Ribes* in vorzüglicher Weise. Die Bichromat-Lösung verursacht ein braunrotes Koagulum in den gerbstoffhaltigen Zellen [1]). Neben Kaliumbichromat werden die Lösungen einiger basischen Substanzen als Reagenz angewandt. Namentlich wurden 1 %-ige Lösungen von Antipyrin, salzsaurem Chinin und Koffein in Anwendung gebracht. Die Präparate,

[1]) *Die Kaliumbichromat-Reaktion bei Sambucus nigra.* — Dass Kaliumbichromat nicht ausschliesslich mit Gerbstoffen reagirt, wurde bei dieser Untersuchung noch erfahren, als ein Fliederast während zwei Tagen mit 5 %-iger Bichromat-Lösung behandelt wurde. Im Stamme war keine Spur einer Reaktion wahr zu nehmen. Solches wurde auch schon durch das Äussere der Stengels angegeben; dasselbe hatte keinerlei Änderung erfahren. Beim Blatte und auch beim Blattstiel war die Oberfläche dunkel gefärbt; die Oberseite des Blattes war geradezu Schwarz. Bei der mikroskopischen Untersuchung zeigte die Epidermis der Oberseite des Blattes eine kräftige Reaktion. Auch die Epidermis des Blattstieles reagierte schön mit Bichromat. Ausserdem zeigten noch viele Parenchym-Zellen in der Umgebung der fünf Gefässbündel eine intensive Reaktion. Es giebt jedoch ein auffallender Unterschied zwischen dieser Reaktion und die Gerbstoff-Bichromat-Reaktion; die Farbe ist hier nicht braun mit einem Stich ins Rote, sondern Orange-rot. Die angegebenen Zellen reagieren nun nicht mit Koffein-Lösung. Die Epidermis-Zellen zeigen keinerlei Reaktion; von den Parenchym-Zellen sind einige wenige plasmolysirt. Die Anzahl der Zellen, in welcher Plasmolyse auftritt ist sehr gering, viel weniger als die der mit Bichromat in Reaktion tretenden Zellen. Diese Reaktion ist also wahrscheinlich keine Gerbstoff-Koffein-Reaktion. In diesem Falle wurde das Reagieren mit Kaliumbichromat zu Fehlern Anleitung geben, wenn man nicht Alkaloïden als Kontrolle benutzt.

von verschiedenen Teilen dieser Pflanze angefertigt, zeigten mit allen vier Reagentien übereinstimmende Bilder. Man darf deshalb annehmen, dass bei Ribes das Kaliumbichromat auch ein richtiges Bild der Gerbstoffverteilung liefert. Die Bichromat-Präparate wurden in Wasser gewaschen und in Glyzerin studiert. Die Alkaloïd-Präparate wurden nicht gewaschen, sondern sofort nach der Anfertigung in die benutzte Alkaloïd-Lösung gebracht und auch auf dem Objectträger in einem Tropfen Alkaloïd-Lösung eingebettet. Die Niederschläge, welche Alkaloïde mit Gerbstoffen bilden, sind nämlich löslich in Glyzerin, auch in Alkohol und in Wasser. Dass bei Ribes die entstandenen Niederschläge diese Löslichkeits-Verhältnisse zeigten, lässt dieselben als Gerbstoff-Alkaloïd-Präzipitat erkennen. Die Niederschläge sind körnig und ungefärbt; sie haufen sich anfänglich an in der Unterseite der Zelle. Ist in einer gerbstoffreichen Zelle die Reaktion beëndet, so ist dieselbe gänzlich mit den farblosen Körnern gefüllt. Später entstehen grössere, stark lichtbrechende Tropfen. Bewahrt man die Präparate lange in den Alkaloïd-Lösungen, so enthält die Zelle schliesslich ein oder zwei grössere Tropfen mit dem Aussehen von Fett oder ätherischem Oel.

Es wurde noch eine andere Methode versucht, die bei histochemischen Untersuchungen benutzt wird. Dabei wurde von den frischen ungeänderten Pflanzenteilen Durchschnitte erhalten und dieselben mit den genannten Reagenzien behandelt. Für Gerbstoff zeigte sich diese Methode untauglich. Der Gerbstoff kommt nämlich im Zellsafte vor als Lösung oder kolloïdale Lösung. Beim Präpariren wird also leicht ein wenig des Zellsaftes nach einer Nachbarzelle verschleppt. Dadurch liefert die Methode für Gerbstoff undeutliche Präparaten; dasselbe gilt für den Nachweis reducirbarer Zucker. Für Stärke, Kalziumoxalat und andre organisirte Zellbestandteile kann die Methode jedoch mit gutem Erfolg benutzt werden.

Die nachfolgende Beschreibung der Gerbstoffverteilung bei Ribes bezieht sich auf Präparaten, hergestellt aus Pflanzenteilen, welche zuvor mit Kaliumbichromat behandelt waren. Wie lange die Pflanzenteile in der Bichromat-Lösung verbleiben müssen, ist abhängig von der Schnelligkeit, mit welcher das Reagenz in die Geweben eindringt. Zwei oder drei Tage genügen gewöhnlich; nur bei Wurzeln dauert die Vorbereitung ein wenig länger.

a. Einjähriger Zweig. — Die Verteilung der Gerbstoffelemente in den verschiedenen Geweben von Ribes ist so charakteristisch, dass es nützlich erscheint, von derselben eine ausführliche Beschreibung zu liefern. Der Querschnitt des Zweigendes (Abb. 1) lässt folgendes wahrnehmen.

An der Spitze besitzt der junge Ast neben gewöhnliche, einzellige Haare noch mehrzellige Trichomen, welche ein ätherisches Oel enthalten. Die einfachen Haare sind völlig gerbstofffrei; die mehrzelligen sind gerbstoffhaltig. Die Epidermis besteht aus kleinen, auf Querschnitt beinahe quadratischen Zellen, welche eine kräftige Gerbstoffreaktion zeigen. Auch sind die zwei Schichten von Parenchymzellen, die gerade unter der Epidermis liegen, gerbstoffreich. Im Querschnitt erscheinen diese Bastparenchymzellen als kleine, runde Zellen. Das grosszellige Parenchym, das von diesen drei Schichten eingeschlossen wird, ist zum grössten Teil gerbstofffrei. Die Zellen, welche positive Reaktion zeigen, sind im Parenchym zerstreut; sie liegen meistens einzeln, sind bisweilen aber auch zu zwei oder drei vereint. Seltener sind Komplexe von 6 à 7 Zellen. Die zwei Zellschichten, welche die Aussenrinde nach den Zentrum abschliessen, sind gänzlich frei von Tanniden. Die letzte Schicht ist Stärke-haltig; die vorletzte trägt grosse Krystallcomplexe von Kalziumoxalat. Die Aussenrinde kommt nur an jüngeren Stengelteilen vor; später schrumpft sie zusammen und zuletzt verschwindet sie gänzlich. Die

Stärkeschicht umschliesst ein kleinzelliges Gewebe. In diesem Gewebe, das Phloëm, liegen die grössten Elemente in der Nähe der Aussenrinde; nach dem Kambium zu sind die Elemente kleiner. Die grösseren, mehr nach der Aussenseite gelegen Zellen sind gerbstoffhaltig; das dünnwändige, kleinzellige Gewebe der Innenseite ist gerbstofffrei. Die äussere Zellschicht dieses Gewebes liefert später das Korkgewebe. Im Phloëm sind die Gerbstoffelemente an verschiedenen Stellen deutlich radial angeordnet; stellenweise ist die Anordnung auch weniger regelmässig.

Das Kambium ist gerbstofffrei.

Innerhalb des Kambiums findet man den Xylemring, an welcher sich ein zweites Phloëmgewebe anschliesst an der Seite des Marks.

Vier oder fünf Xylempartieën sind von den andren dadurch unterschieden dass sie grösser sind. In diesen grösseren Partieën ist die Gerbstoffverteilung sehr charakteristisch. Eine Gürtel von gerbstoffhaltigen Zellen umgiebt den ganzen Gefässbündel mit den zwei Phloëmpartieën (Abb. 2). Das Holzgewebe enthält keinen Gerbstoff; sowohl die Holzgefässe als das Holzparenchym sind frei. Die kleinen Markstrahlen sind gerbstoffhaltig; die radial angeordnete Gerbstoffzellen im Rinden- Phloëm sind eine Fortsetzung dieser Markstrahlen. Im Marke liegen die Gerbstoff-Elemente zerstreut. Hier im ganz jungen Zweigende mit seinem lebhaften Stoffwechsel ist die Anzahl gerbstoffhaltiger Zellen sehr gross, sowohl in der Rinde wie auch im Marke. Das Mark enthält zahlreiche Krystallkomplexe von Kalziumoxalat; jede krystallführende Zelle enthält nur ein einziges Komplex und zeigt keine Gerbstoffreaktion.

Der Querschnitt, hier oben beschrieben, besitzt also neben den einzelnen Gerbstoffelementen zwei konzentrische Gürtel von Gerbstoffzellen, namentlich eine äussere (Epidermis und Hypodermis) und eine innere (die phloëm-

haltige Innenrinde). Ausserdem hat man hier einen besonderen Gerbstoffgürtel um jedem Gefässbündel. Diese Anordnung lässt eine beschützende Funktion des Gerbstoffs vermuten.

Ein radiales Präparat zeigt, dass die äussere Gerbstoffgürtel besteht aus Zellen, die ungefähr dreimal so lange als breit sind; bisweilen sind sie noch mehr gestreckt. Das übrige Rindenparenchym zeigt im Längschnitt eine nahezu quadratische Form. Die Gerbstoffelementen, die im Querschnitt zerstreut zu liegen schienen, bilden hier eine senkrechte Reihe. Dieses gefässartige Gebilde besteht in der Nähe der Epidermis aus länglichen Zellen; mehr nach innen zu sind die zusammenstellenden Zellen breiter, nahezu quadratisch. Wenn man diese gerbstoffhaltigen Bahnen zum ersten Male sieht, so kann man nicht umhin, denselben eine besondere Funktion zuzuschreiben. Sieht man vom Gerbstoffgehalte ab, so unterscheiden die Gerbstoffhaltigen Zellen im Mark sich bei Ribes in keiner Hinsicht von den gerbstofflosen Nachbarzellen. Sie sind in Durchschnitten von nicht präparirten Stengeln auch nicht wieder zu erkennen. Besieht man ein ungefärbtes und ein Bichromatpräparat nach einander, so bekommt man den Eindruck, dass das Reagenz hier ein latentes Bild entwickelt hat. Durch die Einwirkung des Reagenzes ist in scheinbar volkommen gleichwertigem Gewebe ein besonders charakteristische Differentiierung eingetreten.

Das kleinzellige Gewebe, welches durch die Aussenrinde umschlossen wird, erscheint im Längsschnitt als ein braunes Band, aus schmalen, länglichen Zellen bestehend. Das Kambium giebt keine Reaktion und bildet deshalb auch in diesen Präparaten ein ungefärbtes Band zwischen Innenrinde und Xylem. Auch das Xylem ist gerbstofffrei, mit Ausnahme der Markstrahlen.

Im Marke liegt unmittelbar am Gefässbündel grenzend ein Gerbstoffbahn, bisweilen auch zwei. Diese Bahnen

stimmen vollkommen überein mit denen in der Aussenrinde. Die Gerbstoffbahnen sind im Marke zahlreich, speziell hier im Zweigende. Im Längsschnitt dieses jungen Teiles des Stengels bestehen die Bahnen aus kwadratischen Zellen. Das Markgewebe ausserhalb der Bahnen ist gerbstofffrei. Auch hier stellt man zich unwillkürlich die Frage: „Sind diese Bahnen ohne spezifische, physiologische Bedeutung?'' Es ist wohl unmöglich.

In einem älteren Teile des Stengels (zwischen zweitem und drittem völlig entwickelten Blatte) hat die Gerbstoffverteilung nur wenig Änderung erfahren. Die vielzelligen Trichome fehlen; die einzelligen Haare sind gerbstofffrei. Auch hier ist die periphere Gerbstoffgürtel anwesend; die Reaktion ist da sehr kräftig. Die chlorophyllhaltigen Zellen unter dieser Schicht zeigen keine Gerbstoffreaktion. In den zerstreuten Gerbstoffelemente der Aussenrinde ist Plasmolyse wahrzunehmen; das Koagulum ist stark braun gefärbt; der Raum zwischen Zellwand und Koagulum ist sehr wenig gefärbt, beinahe farblos. Die krystallführende Schicht der Aussenrinde enthält keinen Gerbstoff; auch die Stärkeschicht hierangrenzend ist gerbstofffrei. Die kleinzellige Innenrinde ist gerbstoffreich; die eigentlichen Phloëmteile in derselben sind frei. Nach der Innenseite ist ein neue Schicht entstanden, noch gerade ausserhalb dem Kambium. Diese Schicht besteht aus einer doppelten Reihe kleiner Krystallsterne von Kalziumoxalat. Die Krystallfaser enthalten keinen Gerbstoff. Diese Schicht ist von gerbstoffhaltigen Parenchymzellchen begleitet. Im photografischen Bild (Abb. 3) läuft diese Schicht wie ein dunkles Band in der Nähe des Kambiums. Im Kambium ist die Reaktion negativ; dasselbe gilt von den Holzfasern und den Gefässen. Positiv ist die Reaktion in den Markstrahlen. Im Marke liegen die gerbstoffhaltigen Elemente zerstreut; bisweilen zu 2, 3 oder 4 zusammengruppirt. Der Gerbstoffring um einigen Gefässbündelteilen ist hier nicht mehr deutlich zu

erkennen; dennoch erinnert die Struktur wohl an den Ring. Als entstanden aus diesem Ring ist u. m. zu erachten die ununterbrochen Schicht kleinerer gerbstoffhaltigen Markzellen, die das Phloëm an der Innenseite des Gefässbündels begrenzen. Auch in älteren, selbst mehrjährigen Teilen des Stammes, sowie in der Hauptwurzel ist diese Struktur noch anwesend.

Der Längsschnitt (Abb. 4) zeigt auch hier die zwei Gerbstoffgürtel (Epidermis c.A. und die Innenrinde) und ausserdem die Gerbstoffbahnen in Aussenrinde und Mark. Die Anzahl dieser Bahnen ist viel weniger gross als in der Spitze des Astes.

In einem noch älterem Stengelteile (unter dem dritten Blatte, Abb. 5) treten zwei Nova auf. Erstens ist die krystallführende Schicht zu voller Entwicklung gekommen. Im Querschnitt sicht man eine doppelte Reihe äusserst kleine Abteilungen der Krystallfaser; in jeder Abteilung liegt ein sehr kleines Krystallkomplex von Kalziumoxalat. Die Faser sind gerbstofffrei; die Krystallschicht liegt an der Innenseite der phloëmhaltigen Innenrinde. Eine zweite Neuigkeit ist entstanden zwischen Aussen- und Innenrinde, namentlich eine Schicht ziemlich grosser, stark gerbstoffhaltiger Zellen. Es ist das erste Stadium des Korkgewebes, das später den Stengel nach aussen schützen soll, wenn die Aussenrinde abgestossen ist. Weiter ist keine Änderung in der Gerbstoffverteilung wahr zu nehmen.

Unter dem sechsten Blatte (Abb. 6) wird ein Querschnitt erhalten, welche merkwürdig ist, weil die Gerbstoffschicht „par excellence" das Korkgewebe ist. Dasselbe ist drei oder vier Zellen breit. Das kleinzellige Parenchym innerhalb des Korkgewebes (Innenrinde oder secundäre Rinde) ist kollenchymatisch als in den jüngeren Teilen. Es enthält zahlreiche Phloëmpartieën, welche gerbstofffrei sind. Die gerbstoffhaltigen Markstrahlen bestehen aus einer Reihe kleine Zellen, welche eine oder zwei Schichten Holzgewebe trennt.

Wenn man einen Querschnitt durch das Mitte eines einjährigen Zweiges besieht, so erfährt man, dass die Aussenrinde in Bedeutung verloren hat. An verschiedenen Stellen ist die Aussenrinde schon dünner als die Innenrinde, während das Verhältnis in den jüngeren Teilen gerade umgekehrt war. Das Gewebe der Aussenrinde ist unregelmässig geworden und zusammengeschrumpft; ausserdem sind intrazelluläre Räume entstanden. Das Korkgewebe ist 5 à 6 Zellen breit und gerbstoffreich. Es ist klar, dass diese Schicht mehr und mehr im stande ist, die Funktion zu übernehmen der ursprünglich äusseren Gerbstoffgürtel (Epidermis und Hypodermis). Die Innenrinde ist ganz kollenchymatisch geworden und gerbstoffreich mit Ausnahme der Phloëmteile und der Krystallfasern. Diese letzteren bilden eine Gürtel in der Kambiumschicht; die Kryställchen sind hier sehr deutlich wahrzunehmen. Das Kambium besteht wie gewöhnlich aus verschiedenen Schichten kleiner, täfelformiger Zellen ohne Gerbstoff. Wo die Kambiumzellen zu Markstrahlzellen auswachsen, ist eine regelmässige Steigerung in der Intensität der Gerbstoffreaktion noch innen zu zu sehen. An einzelnen Stellen findet die Markstrahl eine Fortsetzung in der Innenrinde; eine radiale Reihe von isodiametrischen, gerbstoffhaltigen Zellen liegt da in der Innenrinde. Jedoch ist das Vorkommen gerbstoffhaltiger Zellen im Kambium bei Ribes eine Ausnahme. In der braunen Zellenreihe ist doch immer noch eine Zelle gerbstofffrei.

Das Holz ist hier schon kräftig entwickelt; das Holzgewebe zeigt auch hier keine Gerbstoffreaktion, wohl aber die Markstrahlen. Bei den Markstrahlen ist hier eine Differenz eingetreten zwischen einzelligen, die ganz und gar gerbstoffhaltig sind und eine andere Art Markstrahlen, die hier zum ersten Male zur Entwicklung gekommen sind. Diese sind mehrere Zellen breit und bestehen aus Parenchymzellen, die im Querschnitte grösser erscheinen als die

Zellen, welche die gewöhnlichen Markstrahlen bilden. Auch sind diese Zellen zum grössten Teil nicht gerbstoffhaltig; wohl aber mit Stärke gefüllt. Das zentralliegende Phloëm ist gerbstofffrei. Nach der Seite des Markes wird es begrenzt von einem Bande gerbstoffhaltiger Zellen, welches erinnert an den Gerbstoffring, welcher ursprünglich den primären Gefässbündel umschloss. Der Gerbstoffniederschlag in diesen Zellen ist nie körnig in Gegensatz zu den anderen Gerbstoffelementen im Marke. Diese zeigen nämlich wie die Zellen einer schmalen Markstrahle einen körnigen Inhalt.

Siehe für Längsschnitten durch das Mitte des einjährigen Astes Abb. 7 und Abb. 8.

Im basalen Teile des einjährigen Zweiges ist die Aussenrinde nicht mehr als geschlossener Ring vorhanden; das noch anwesende Gewebe ist zusammengefallen (Abb. 9). Wo es fehlt, ist das Kork die Aussenschicht geworden. Das Kork ist hier ungefähr 8 Zellen breit, wovon die 4 inneren starke Gerbstoffreaktion zeigen, während die vier übrigen eine so schwache Reaktion liefern, dass man dieselben praktisch gerbstofffrei nennen darf. Das kollenchymatische Gewebe der Innenrinde enthält viel Gerbstoff; die Phloëmbündel darin enthalten keins ebensowenig wie die krystallführende Schicht. Diese letztere wird begleitet von runden Parenchymzellen, die eine besonders kräftige Gerbstoffreaktion zeigen. Das Kambium ist frei mit Ausnahme der Stellen, wo ein Markstrahl sich fortsetzt in der sekundären Rinde.

Fasst man die oben beschriebenen Resultate zusammen, so sieht man die Gerbstoffverteilung im einjährigen Aste derartig, dass eine schützende Funktion leicht daraus zu lesen ist. Schon im allerjüngsten Stengelteile ist auffallend die gerbstoffreiche, periphere Gürtel und die Gerbstoffgürtel, welche die Gefässbündelteile umschliessen. Während die Aussenrinde seine Bedeutung verliert, entwickelt sich

darunter allmählich das Korkgewebe, welches in seinen inneren Teilen eine grosse menge Gerbstoff enthält. Ausserdem ist die Gewebeschicht, welche das Kambium umschliesst, vom jüngsten Stadium an gerbstoffreich. Eine schützende Funktion ist nicht zuzuschreiben an den Gerbstoff, welcher vorkommt in den isolierten Gerbstoffbahnen in der Aussenrinde und im Marke. Wenn der Gerbstoff eine Transport in den Geweben erfährt, so können diese Bahnen wohl dazu benutzt werden. Merkwürdig ist auch die Ansammlung des Gerbstoffs an Stellen starker Vegetation z.-B. in der Spitze des Astes.

II. Mehrjährige Stengelteile. — Der Querschnitt der mehrjährigen Teile des Stammes (Abb. 10) unterscheidet sich von dem des einjährigen Astes durch das Fehlen der Aussenrinde: Nach Aussen wird der Stamm beschützt durch die Korkschicht, wovon die äusseren 3 oder 4 Zellenreihen gerbstofffrei sind. Das andere gerbstoffreiche Gerbstoffgewebe ist ungefähr sechs Zellen breit und radial gebaut. Es ist gleich breit wie das gerbstoffhaltige, kleinzellige Parenchym der Innenrinde. Von diesem Parenchym umschlossen ist ein Gewebe, welches in den einjährigen Stengelteilen noch nicht vorkam. An Stelle der krystallführenden Schicht sind hier nämlich fünf Krystallschichten entstanden. Dieselben sind beiderseits begrenzt von einer anschliessenden Reihe gerbstofffführender Parenchymzellen. Diese Krystall-Gerbstoff-Komplexe bilden die Abscheidung zwischen Phloëmgewebe eines verschiedenen Alters. Innerhalb der inneren Gürtel liegt das Kambium. Zwischen dieser und der zweiten Gürtel liegt das funktionnierende Phloëm. Je mehr das Phloëm nach der Aussenseite gelegen ist, desto weniger lebensfähig ist dasselbe. Zwischen den beiden äusseren Krystall-Gerbstoff-Gürtel kommt nur zusammengefallenes Phloëm vor, das nicht mehr funktionsfähig ist. Die Fortsetzung der Markstrahlen in der Rinde steht quer auf den Krystallgürtel; zwischen den äusseren

Gürteln bildet die Markstrahl-Fortsetzung eine Verbindung von zwei, zwischen den inneren gürteln von sechs runden, gerbstoffhaltigen Parenchymzellen. Die Fortsetzung der mehrzelligen Markstrahlen ist auch mehrere Zellen breit; dieselben sind gerbstoffhaltig in gegensatz zu den Markstrahlzellen. Diese Markstrahl-fortsetzungen und die Krystallgürtel teilen das Phloëm der secundären Rinde in rechteckigen Teile (nämlich im Querschnitt).

Kambium und Holz sind frei; die einzelligen Markstrahlen sind gerbstoffhaltig. Die mehrzelligen Markstrahlen bestehen aus grösseren Zellen und enthalten nur Gerbstoff in den beiden seitliche Zellreihen. Die Grenze zwischen Gefässbündel und Mark ist nicht genau rund; an der Markseite besitzt der Gefässbündel Auswächse von kleinzelligem, stärkehaltigem, gerbstofffreiem Parenchym und Phloëm, begrenzt von einer geschlossenen Linie Gerbstoffzellen. Die ganze Anordnung erinnert an die Struktur des jüngsten Teiles im Ende des einjährigen Zweiges. Die Verteilung der Gerbstoffelemente im Marke ist genau dieselbe wie in den jüngeren Stengelteilen. Die Gerbstoffzellen liegen vereinzelt im Marke; bisweilen sind sie zu zweien vereint oder bilden sie ein Band von 6 bis 8 Zellen. Das gerbstofffreie Gewebe ist zum grössten Teil verschwunden; an diesen Stellen sind intrazelluläre Räume entstanden. Hierin sind die (grossen) Oxalatkrystalle an Resten der Zellwände der früheren Zellen verklebt.

Ein Tangential-Präparat (Abb. 11) zeigt eine Schicht zusammengefallenes braungefärbtes Gewebe ausserhalb dem gerbstofffreien Teile des Korks. Auch hier erschient die Korkschicht in zwei Teilen von gleicher Grösse geteilt; die innere Schicht ist gerbstoffreich, die andere enthält keinen Gerbstoff. Darunter liegen die Gerbstoff-Krystall-Bänder; zwischen denselben liegt das Phloëm (nicht gerbstoffhaltig).

Im Holze kommen einzellige und mehrzellige Markstrahlen

vor. Die beiden Markstrahltypen sind in tangentialen Schnitten von einander u.m. zu unterscheiden durch die Form der Zellen. Die Markstrahlen von der Breite einer einziger Zelle besteht aus länglichen schmalen Zellen. Die andren Markstrahlen besitzen isodiametrische Zellen; in diesen liegen die gerbstoffhaltigen Zellen mehrenteils an der Peripherie.

Die Radial-Schnitte (Abb. 12) geben ein einfaches Bild. An der Aussenseite sind noch einige durch $K_2Cr_20_7$ braungefärbte Gewebereste wahrzunehmen. Deutlich tritt in diesen Präparaten hervor die Anordnung der Korkzellen in mehreren Schichten, sowohl im gerbstoffhaltigem wie im toten Teile. Unter dem Korke liegen die fünf Gerbstoff-Oxalat-Gürtel und dazwischen die weissen Phloëmbündel. Wo eine Markstrahl in die Rinde dringt, da sieht man das Phloëmband unterbrochen durch ein paar braune Gerbstoffzellen. Wo im Holze eine Markstrahl getroffen wurde, da sieht man den braunen Inhalt der Gerbstoffzellen. Im Marke sind auch hier die einzelligen Gerbstoffbahnen vorhanden. (Weil die intrazellulären Räume stark lufthaltig sind, müssen die Präparate luftfrei gemacht werden mittelst Alkohol).

In einem noch älteren Teile des Stammes ist die Struktur der soeben beschriebenen sehr ähnlich. Es wurde ein Stammteil untersucht, auf welchem der soeben beschriebene, mehrjährige Stengel ein Nebenzweig bildete. Im Querschnitte wurden statt fünf Gerbstoff-Krystall-Gürtel deren sechs wahrgenommen. Dieselben sind deshalb gewissermassen zu vergleichen mit Jahrringen; mit der Bildung einer neuen Gürtel wird eine neue Periode im Leben der Pflanze angefangen: eine neue Phloëmmasse entsteht, die älteren Phloëmbündel verlieren ihre Bedeutung und schrumpfen zusammen. Das Phloëm erscheint im Bichromat-Präparate als rechteckige, weisse Partieën zwischen den Krystallgürteln und den Fortsetzungen der Markstrahlen in der Rinde.

Die tangentialen Präparaten weichen nicht wesentlich ab von den hieroben beschriebenen.

In einem radialen Schnitte ist folgendes wahrzunehmen. Wo eine breite Markstrahl seine Fortsetzung findet in der Rinde, da sieht man den gerbstofffreien Teil des Korkes abgestossen (Sieh. Abb. 12). Unter dieser Stelle ist der gerbstoffhaltige Korkschicht einigermassen verdickt und gerbstofffreich; das ganze Rindegewebe zeigt hier eine intensive Reaktion. In der Markstrahl sieht man eine radiale Anordnung der Zellen vom Korke bis beinahe in das Mark. Die Zellen werden nach dem Mark zu grösser. Die Markstrahl endet nicht im Marke, sondern ein wenig davor, namentlich da, wo das Holzgewebe übergeht in ein Gewebe von schmalen, länglichen Zellen. Das Gewebe enthält viel Stärke, während einige Zellen auch gerbstoffhaltig sind; es ist das kleinzellige, Stärke-haltige Gewebe, das im Querschnitte den Gefässbündel an der Seite des Markes begleitet. Das Markgewebe fängt an mit zwei Gerbstoffbahnen, die aus kleineren Zellen bestehen als die übrigen Gerbstoffbahnen im Marke. Unter den gerbstoffhaltigen Korkgewebe liegt in der Rinde ein einigermassen unregelmässiges Gewebe von isodiametrischen Zellen, die ziemlich viele Krystallkomplexe von Ca-oxalat enthalten. Die oxalat-haltigen Zellen sind gerbstofffrei; die übrigen gerbstoffhaltig. Dann folgen sechs paralele Schichten mit kleinen Ca-oxalatsternen und Gerbstoff-begleitung. Dazwischen liegt das Phloëm, das gerbstofffrei ist. (Im Holze enthalten die Holzfaser in der Nähe des Kambiums keine Stärke; in der Nähe des Markes ziemlich viel. Die Faser dazwischen zeigen einen regelmässigen Uebergang).

c. *Das Blatt.* (Siehe Abb. 13). — Hier zeigen die Trichome eine Merckwürdigkeit; die einzelligen Haare an der Obenseite sind gerbstoffhaltig; die an der Unterseite sind länger und gerbstofffrei. Die mehrzelligen Drüsenhaare sind gerbstoffhaltig. Das eigentliche Blattgewebe

besteht aus Ober-epidermis mit dicker Cuticula, einer Schicht Palissadenparenchym, Schwammparenchym und Unterepidermis. Das ganze Gewebe zeigt positive Reaktion; in den Epidermis-zellen ist die Reaktion am kräftigsten; ausgenommen sind einige chlorophyllfreie Zellen, die ein Krystallkomplex von Ca-oxalat enthalten.

Der Hauptnerf ist an der Obenseite ein wenig eingebogen; an der Unterseite tritt derselbe aus dem Blatte zum Vorschein. Die Ober-epidermis besteht aus einigen, dickwandigen, gerbstoffhaltigen Zellen. Dann folgen zwei Schichten gerbstoffreiches Kollenchym; einzelne Zellen enthalten eine Krystall von Ca-oxalat. Unter dem Kollenchym liegt eine ununterbrochene Schicht Gerbstoffzellen, welche nach beiden Seiten umbiegt, und den Gefässbündel umfasst. Dadurch entsteht eine Zeichnung, die erinnert an die primären Gefässbündel in jungen Stengelteilen. Das Phloëm wird teilweise vom Holzgewebe umfasst; man findet darin einige Gerbstoffzellen; das Phloëm selbst ist frei. Im Holzbündel sind auch wieder nur die Markstrahlen gerbstoffhaltig. Nach der Unterseite ist der Holzbündel begrenzt von einer äusserst kleinzelligen Phloëmpartie, die gerbstofffrei ist, aber Gerbstoffzellen enthält, welche sich durch ihre Grösse deutlich vom anderen Gewebe unterscheiden. Sie sind gleich gross wie die gewöhnlichen Parenchymzellen in der Umgebung und erscheinen daher in diesem kleinzelligen Gewebe als von riesigen Dimensionen. Der Inhalt dieser Zellen zeigt keine Plasmolyse und keine Körnung. Das Phloëm ist nach der Unterseite begrenzt von den Parenchymzellen der Gerbstoffgürtel. An der Gerbstoffgürtel grenzen nach der Unterseite Zellen, welche Ca-oxalat enthalten. Das Parenchym zeigt kollenchymatische Eigenschaften; die sechs letzten Schichten sind wahres Kollenchym. Die letzte Kollenchymschicht und die Unterepidermis sind gerbstoffhaltig; die Cuticula ist dick.

a. Die Frucht. (Sieh. Abb. 14). — Die Gerbstoffverteilung im Fruchtstiele ist der des Stengels in den jüngsten Stadiën sehr ähnlich. Die Epidermis ist gerbstoffhaltig, sowie auch zwei daran grenzenden Schichten. Im grosszelligen Rindenparenchym sind die Elementen mit (meist mässigem) Gerbstoffinhalt zerstreut. Dieses Parenchym umschliesst 3 à 4 Schichten kleiner dickwandiger Zellen; ihre Inhalt ist durch Bichromat gefärbt; bisweilen selbst ziemlich intensiv. Dann folgt ein äusserst kleinzelliges Gewebe (Phloëm), das gerbstofffrei ist; darin kommen einige grösseren, gerbstoffhaltigen Zellen vor. Der gerbstofffreie Holzzylinder enthält gerbstoffhaltige Markstrählchen. Innerhalb des Holzzylinders liegt wieder Phloëm und Mark; im letzteren ist die Gerbstoffverteilung genau so wie im jungen Stengel. Die Gerbstoffelemente im Marke sind teilweise auch unter einander verbunden; das Mark besitzt intrazelluläre Räumen.

Die Frucht ist eine Beere; das Bichromat dringt langsam durch in das Gewebe. Der Gerbstoffgehalt der unreifen Frucht ist sehr niedrig. Die vielzelligen Drüsenhaare sind gerbstoffhaltig; der vielzellige Stiel zeigt jedoch keine Reaktion. Der Inhalt der Epidermiszellen ist leicht gefärbt. Die zweite Schicht unter der Epidermis ist stark chlorophyllhaltig, jedoch gerbstofffrei. Das Blattgrün nimmt nach der Innenseite regelmässig ab. Das Fruchtblatt besteht zum grössten Teil aus einem grosszelligen Parenchym. In der Mitte des Blattes findet man hier und da 3 oder 4 Krystallsterne von Ca-oxalat zusammen. Das Fruchtblatt ist an der Innenseite bekleidet mit einer an verschiedenen Stellen unterbrochenen Steinzellenschicht. Von oben besehen, zeigen die Steinzellen eine längliche, ziemlich schmale Form. Zwischen der Steinzellenschicht und dem Parenchym liegt eine Schicht, welche Krystallsterne von Ca-oxalat enthält. In der Plazenta sind einige Elemente dunkel gefärbt durch

Bichromat; im übrigen ist keine Reaktion wahr zu nehmen [1]).

e. Die Wurzel. — Ende August wurde die Wurzel untersucht von einem Ribes-Strauch. Die dünnsten Seitenwurzeln, die untersucht wurden, waren ungefähr 0.5 m.M. dick. Die Wurzel ist dann noch umgeben von einem ganzen Ringe der Aussenrinde; es fällt aber keine deutliche Struktur mehr wahrzunemen in derselben. Das ganze Gewebe ist braun gefärbt. Zwischen Aussen- und Innenrinde liegt die Korkschicht, wovon die drei äusseren Zellschichten keine Gerbstoffreaktion geben, während die 3 inneren eine deutliche Reaktion zeigen. Die Korkschicht umgiebt das gerbstofffreie Phloëm, das einige, zerstreute Gerbstoffelemente enthält. Die Kambium ist gerbstofffrei; auch das zentrale Holzzylinderchen enthält keinen Gerbstoff mit Ausnahme der Markstrählchen, welche hier nur 3 Zellen lang sind. Bei Wurzeln, welche Markstrahlen von 8 à 10 Zellen Länge besitzen, ist nur eine Spur der Aussenrinde anwesend. Die Korkschicht hat im diesen Falle die beschützende Funktion der Aussenrinde übernommen. Mark fehlt.

In Wurzeln, welche $1\frac{1}{4}$ mM. dick sind, ist die Aussenrinde atrophiiert. In der Korkschicht sind auch die Zellwände durch Bichromat braun gefärbt. In den äusseren Rindenschichten sind die Zellwände kollenchymatisch verdickt. Die Zellengrösse nimmt hier regelmässig ab nach der Innenseite; die drei grössten, äusseren Zellschichten enthalten Gerbstoff. Die dünnwändigen Phloëmteile sind gerbstofffrei; auch einige Zellen, welche Ca-oxalat enthalten. In der Anordnung der Gerbstoffelementen in der Rinde

[1]) Es soll hierzu bemerkt werden, das bei den Kaffeïn-Präparaten einige Zellen der Fruchtwand eine Reaktion zeigten, die im Bichromatpräparaten keine Spur von Gerbstoffreaktion gaben. Dieser ist der einzige Unterschied, zwischen Alkaloïd- und Bichromat-Präparaten bei Ribes erhalten.

ist die Bildung von ungefähr konzentrischen Schichten wahr zu nehmen. Zwischen diesen Schichten findet man Phloëm und eine Krystallführende Schicht. Es giebt hier nur eine Oxalatschicht, welche einen Ring bildet in der Innenrinde und stellenweise schon zu auseinanderweichen der Gewebeteile führte. Die zarten Krystallfaser-wändchen werden nämlich leicht zerrissen. Einige Markstrählchen finden eine gerbstoffhaltige Fortsetzung in der Rinde Kambium und Holz enthalten keinen Gerbstoff. Ausgenommen sind natürlich die Markstrahlen, die hier nicht ganz so regelmässig verlaufen wie im Stamme. Die mächtige Entwicklung der Holzgefässe biegen und verschieben die Markstrahlen nämlich oft. Der Holzfaser sind zum Teile Stärkehaltig. Einige Gefässe enthalten eine durchscheinende, gelbe Masse (Harz); auch in älteren Wurzeln kann man das oft wahrnehmen. In der Umgebing dieser abnormalen Gefässen findet man gewöhnlich die Zahl Gerbstoffzellen vergrössert. Auch da, wo eine Nebenwurzel [1]) eingepflanzt war, ist der Gerbstoffreaktion in den Geweben kräftiger. Mark fehlt.

Bei einer Wurzel von circa 2 mM. Dicke (Sieh Abb. 15) hat sich der zentrale Holzzylinder dermassen entwickelt, dass die Rinde nur ungefähr $\frac{1}{5}$ der Breite der Holzzylinders hat. Die Korkschicht ist hier ziemlich breit, und an Stellen, wo ein Nebenwurzel entstand, geradezu mächtig. Hier geht ein Band von der Breite der früheren Nebenwurzel von gerbstoffreichen, radial gestreckten Zellen durch die Rinde; eine breite Markstrahl ist die Fortsetzung dieses Bandes im Holzgewebe [1]). Was ursprünglich Innenrinde war, bildet jetzt die ganze Rinde und liegt als eine gerbstoffreiche Gürtel um das Holz. Es ist eine zweite Oxalat-Schicht entstanden. An verschiedenen Stellen ist hier das

---

[1]) Wo eine Nebenwurzel hervortritt, findet man ein Sektor zur Breite der Nebenwurzel vom Zentrum bis an die Peripherie; dieses ganze Gewebe ist gerbstoffhaltig (Sieh Abb. 16).

Gewebe auseinander gewichen. Die Krystallschicht ist zu beiden Seiten begleitet von einer Schicht gerbstoffhaltigen Parenchymzellen. Die Form und die Anordnung der Rindenzellen ist eine konzentrische. Einige Markstrahlen finden eine gerbstoffhaltige Fortzetzung in der Rinde, welche nicht weiter als der zweiten Krystallschicht in der Rinde durchdringt. Die innere Schicht der Rinde ist das Phloëm, grenzend am Kambium, beiden sind nicht gerbstoffhaltig. Im Bichromat-Präparate bilden sie eine farblose Gürtel, von einigen braunen Streifen durchzogen. Die Markstrahlen werden durch die Entwicklung der Holzgefässe stellenweise verschoben und unterbrochen. Die Holzfaser sind beinahe alle Stärkehaltig.

Bei einer Wurzel, welche ungefähr 3 mM. dick ist (Sieh Abb. 17), ist die Korkschicht 8 à 10 Zellen breit. In der Rinde liegen drei Oxalatgürtel, an beiden Seiten begleitet von einer Schicht gerbstoffhaltigen Parenchymzellen. Hier wird zum ersten Male die Struktur deutlich, welche der älteren Ribes-Wurzeln kennzeichnet. Dabei besteht der Innenteil der Rinde aus Phloëm, durch (von Bichromat braungefärbte) Gerbstoffzellen in rechteckigen Teile zerteilt. Das funktionnierende Phloëmgewebe liegt innerhalb der inneren Gürtel; das andere Phloëm ist nicht mehr in Funktion und zusammengefallen. Die Holzfaser sind prall mit Stärke gefüllt; auch die Markstrahlzellen sind Stärkehaltig, nicht aber das Rindenparenchym.

In einer Wurzel, welche ungefähr 7 mM. dick ist, ist die Korkschicht wie in den jungeren Wurzeln in einem gerbstoffhaltigen und einem gerbstofffreien Teile unterschieden. Durch die Rinde gehen 7 Krystallgürtel; eine jede enthält zwei Reihen kleine Oxalatkrystalle. An den Stellen, wo eine Nebenwurzel einmal eingepflanzt war, da ist die Rinde gleichmässig gerbstoffhaltig. Es sind die Krystallgürtel, welche hier die typische Zeichnung der Querschnitte bestimmen; sie werden an mehreren Stellen

quer durchzogen von den gerbstoffhaltigen Fortsetzungen einiger Markstrahlen. In der Nähe der inneren Gerbstoffgürtel liegt das funktionnierende Phloem; zwischen den andren Gürteln liegt nur zusammengefallenes Phloëm, das nicht mehr in Funktion ist. Das Kambium enthält keinen Gerbstoff. Der Holzzylinder hat kein Mark; der Kern ist ein wenig exzentrisch. Eine Markstrahl ist hier 80 bis 100 Zellen lang; gewöhnlich eine Zelle breit. Diese Markstrahlen sind ganz gerbstoffhaltig, nicht die breiten Markstrahlen.

In einer Wurzel von 1¼ cM. Dicke (Siehe Abb. 19) ist die Korkschicht wie bei der Wurzel, hieroben beschrieben. Wo einst ein Nebenwurzel entsprang, ist aber der gerbstofffreie Teil des Korkes nicht mehr anwesend. Die gerbstoffhaltige Korkschicht zeigt eine sehr kräftige Reaktion. In der Rinde sieht man die doppelten Krystallgürtel mit Gerbstoff-begleitung. Die gerbstoffhaltigen Fortsetzungen der Markstrahlen gehen nur bis zu der mittelsten Krystallgürtel; sie bilden mit den Krystall-Gerbstoffgürteln eine Schachbrett-Zeichnung. Die Krystallfasern sind sehr zart; das Gewebe zerreisst leicht in der Faserschicht. Das Holz hat hier nichts abweichends. Breite Markstrahlen kommen in vieler Gestalt vor; alle Holzfaser und Parenchymzellen enthalten viele Stärke. Mark fehlt.

Es wurde ein tangentiales Präparat von dieser Wurzel angefertigt (Siehe Abb. 20). Die Korkschicht besteht aus einem toten Teile, der keinen Gerbstoff enthält und einem lebendigen Teile mit kräftiger Gerbstoffreaktion. Die radiale Anordnung der Korkzellen ist hier sehr auffallend. Unter dem Korke befindet sich ein Gewebe von isodiametrischen gerbstoffhaltigen Zellen, die nicht so regelmässig angeordnet sind wie die Korkzellen. In diesem Gewebe liegen zahlreiche Krystallsterne von Ca-oxalat. Unter diesem Gewebe sind die Rinden-parenchymzellen von gestreckter Form; hier findet man die Oxalatgürtel, parallel mit der

Epidermis. An sehr dünnen Stellen des Präparates ist die Struktur der Krystallfasern (Siehe Abb. 21) wahr zu nehmen. Sie bestehen aus einem faserartigen Elemente, das zwei parallele Wände besitzt von der Dicke der Wand eines gewöhnlichen Parenchymzelle. Durch besonders zarte Wändchen sind die Fasern in zwei Reihen kleiner Räume verteilt; in jeden dieser Kammern ist ein Komplex von Ca-oxalat-Kryställchen gebildet. In normalen Umstände befindet die Faser sich zwischen zwei ziemlich langen, gerbstoffhaltigen Zellen. In tangentialen Schnitten liegen oft einige Fasern neben einander, welche dann aussehen wie ein krystallführende Platte. Die Krystallfasern sind gerbstofffrei. An mehreren Stellen in der Rinde sieht man ein ovales Gebilde von isodiametrischen Zellen; hier ist eine breite Markstrahl quer durchgeschnitten. Befindet sich dieses Gebilde in der Nähe des Korkes, so sind alle Zellen gerbstoffhaltig; an der Innenseite sind mehrere Zellen im Zentrum der Markstrahl gerbstofffrei, während die mehrzelligen Markstrahlen im Holze nur wenige Gerbstoffzellen enthalten. Dieselben liegen gewöhnlich an der Peripherie der Markstrahlen. — Das Phloëm ist gerbstofffrei. Die Holzgefässe und Holzfasern sind gerbstofffrei. In den Markstrahlen von einer Zelle Breite sind alle Zellen gerbstoffhaltig; die Zellen sind 4 bis 6 Mal so lang als breit, die Markstrahl ist 8 bis 10 Zellen hoch. Der Gerbstoffniederslag ist kräftig in diesen Zellen. In den breiten Markstrahlen sind nicht alle Zellen gerbstoffhaltig; dieselben sind isodiametrisch und enthalten viele Stärke. Mark fehlt.

Ein radialer Schnitt derselben Wurzel (Siehe Abb. 22). Die Anordnung der Korkzellen ist schön radial; in dem Gewebe unter dem Korke ist dieselbe Anordnung nicht mehr anwesend. Die Zellen sind da auch nicht mehr tafelförmig, sondern rund. Die Dicke dieser Schicht ist wechslend, je nachdem die Korkschicht mehr oder weniger nach aussen herausbiegt. Unter diesem Gewebe liegen die

acht Krystallgürtel; jede Krystallfaserschicht wird begrenzt von zwei Schichten Gerbstoffzellen von gestreckter Form. Zwischen die Krystall-Gerbstoff-Komplexe findet man das Phloëm, funktionnierend in der Nähe des Kambiums und zusammengefallen und nicht mehr in Funktion zwischen den anderen Krystallschichten. Die Fortsetzung der schmalen Markstrahlen bildet einen Streifen schmalen Zellen, die genau radial angeordnet sind. Je nachdem die Phloëmbände breiter oder schmaler sind, findet man 6 oder 1 bis 2 Gerbstoffzellen zwischen den Krystalgürteln. Die Fortsetzung einer breiten Markstrahl ist ein gleichmässig gerbstoffhaltiges Gewebe, welches die Krystallgürtel c. A. durchzieht. Die mehrzelligen Markstrahlen sind zahlreiche Zellen hoch, die Zellen sind kleiner als in den schmalen Markstrahlen und beinahe quadratisch. Die Anordnung der Zellen, welche die schmalen Markstrahlen bilden, ist so rein radial, dass die Obenwände und auch die Unterwände der Zellen ein gerade Linie bilden.

Die Hauptwurzel ist $2\frac{1}{2}$ bis 3 cM. dick. Auf dem gerbstofffreien Korkteile findet man noch Geweberesten, welche durch Bichromat braun gefärbt wurden. Das gerbstoffhaltige Kork zeigt eine intensive Reaktion; die Zellen sind regelmässig radial angeordnet. In einem unpräparirten Teile der Wurzel ist der Unterschied zwischen gerbstofffreien und gerbstoffhaltigem Korke nicht wahr zu nehmen. Die Zahl Krystallschichten ist hier 12 und mehr. Als Fortsetzung der mehrzelligen Markstrahlen in der Rinde trifft man bisweilen ein Gerbstoffkomplex an, welches die Krystallschichten u. s. w. an der Stelle unterbricht. Die Zusammenstellung der Krystall-Gerbstoff-Gürtel ist hier nicht anders als in den jüngeren Wurzeln. In mehreren Präparaten kommen die eigentümlichen, ovalen Gebilde vor, welche entstehen, wenn eine breite Markstrahl sich in der Rinde umbiegt, so dass dieselbe statt der Länge nach quer durchgeschnitten wird. Das Holz ist hier selbst-

verständlich mächtig entwickelt. Die gerbstoffhaltigen Markstrahlen sind hier so zahlreich, dass der Querschnitt der (mit Bichromat behandelten) Hauptwurzel dunkler gefärbt erscheint als die jüngeren Wurzeln. Im Querschnitte sind die Zellen der breiten Markstrahlen radial gestreckt und grösser wie die Zellen der schmalen Markstrahlen, welche in den Querpräparaten klein und isodiametrisch erscheinen. In Gegensatz zu allen andren Teile des Wurzelsystems bei Ribes hat die Hauptwurzel Mark. (Siehe Abb. 23). Die Struktur des Gefässbündels nach der Seite des Markes stimmt völlig überein mit derjenigen des Stammes. Auch hier ist die wellenartigen Begrenzung des Gefässbündels nach dem Marke zu wahr zu nehmen; auch hier die angeschlossene Linie von gerbstoffhaltigen Parenchymzellen, die der Grenze bildet zwischen Gefässbündel und Mark; auch hier die zerstreuten Gerbstoffelemente im Marke. Die grossen Oxalat-Sterne kommen auch hier vor, sind jedoch seltener.

Ein tangentiales Präparat (Siehe Abb. 24) ist merkwürdig durch die Markstrahlen, welche quer getroffen wurden. In der Rinde sind diese Querschnitte der breiten Markstrahlen ungefähr rund, im Holze bilden sie ovale Zellkomplexe, welche nach Ober- und Unterseite zugespitzt sind. Im äusseren Teile der Rinde sind alle Zellen in diesen Gebilden gerbstoffhaltig; im inneren Teile der Rinde enthalten sie gerbstofffreie Zellen im Zentrum. Im Holze sind die breiten Markstrahlen gerbstofffrei mit Ausnahme einiger Zellen an der Peripherie. — Unter dem sehr regelmässig zusammengesetzten Korkgewebe liegt ein unregelmässiges, gerbstoffreiches Parenchymgewebe; in diesem Gewebe ist der erste Querschnitt eines breiten Markstrahles wahr zu nemen. Die Oxalatschichten besitzen zwei begleitenden gerbstoffhaltigen Parenchymzellengürtel. Im Holze sind die breiten Markstrahlen ungefähr 12 Zellen breit; die Holzfaser und die schmalen Markstrahlen biegen

sich gewöhnlich nach der Oberfläche der breiten Markstrahlen. Die schmalen Markstrahlen sind alle gerbstoffhaltig [1]).

Ein radiales Präparat der Hauptwurzel ist dem der Wurzel von $1\frac{1}{4}$ cM. Dicke sehr ähnlich. Nur die Zahl der Krystalgürtel ist grösser, erreicht hier selbst 15 bis 16. Ein grosser Unterschied aber ist die Anwesenheit der Markes und auch des kleinzelligen Gewebe an der Markseite des Gefässbündels. Im Marke sind die Gerbstoffbahnen vorhanden, genau so wie in den jungen Stengelteilen.

f. Reduzirbare Zucker und Gerbstoff. — Es wurde versucht, zu bestimmen ob es einen Zusammenhang giebt zwischen der Verbreitung des Gerbstoffs und der reduzirbaren Zucker in Ribes. Zu diesem Zwecke wurde ein junger Ast behandelt mit Kupfersulfatlösung (Fehlingsche Lösung I, welche ungefähr 6.9 % Kupfersulfat enthält). Nachdem das Reagenz genügend in den Zweig durchgedrungen war, wurden Querschnitte und Längspräparaten angefertigt. Die gerbstofffreien Teile des Astes zeigen mit diesem Reagenze gar keine Reaktion, mit Ausnahme des Markes. Hier waren alle Zellen bläulich gefärbt. Wenn man die Schnitte nun mit 2 % iger Natronlauge behandelt, wird in den zuckerhaltigen Zellen ein tiefblaue Lösung gebildet. Tatsächlich tritt nun ein Differentierung zum Vorschein und das entstandene Bild stimmt vollkommen überein mit den Bichromatpräparaten. Nun sind die Zellen blau statt dunkelbraun. Kocht man ein solches Präparat in 2 % ige Natronlauge, so findet in den Zuckerhaltigen Zellen eine Abscheidung statt von Cu_2O. Auch das Auf-

[1]) Zur Vergleichung wurde ein tangentiales Präparat einer Wurzel von 0.5 cM. Dicke studiert (Siehe Abb. 18). In der Rinde kommt noch keine breite Markstrahl vor; das Bild sieht dadurch weniger komplizirt aus; die Rinde enthält 6 Krystallgürtel. Die mehrzelligen Markstrahlen in Holze sind nur 2 bis 3 Zellen breit und mehr wie 15 Zellen hoch.

treten des Kupferoxydüls steht hiermit im Einklang. Alle gerbstoffhaltigen Zellen besitzen den roten Niederslag. Ausserdem findet man in jeder Markzelle eine geringe Reaktion; in den Gerbstoffbahnen ist dieselbe aber sehr viel kräftiger. Der Versuch wurde genommen mit einjährigen Ästen, die um 12 Uhr (Sommerzeit = 11 Uhr wirkliche Zeit) vom Strauche genommen waren.

g. Der Einfluss des Lichtes auf dem Gerbstoffgehalte des Ribesblattes. — Um einen Eindruck zu bekommen, ob das Licht den Gerbstoffgehalt der Blätter beeinflusst, wurde von einem Ribes-ästchen ein Blatt zur Hälfte mit Stanniol bedeckt, die andere Hälfte wurde nicht bedeckt. Bei einem zweiten Blatte wurde ein Streifen Staniol um einen Teil der Blattes gewickelt. Nach 24 Stunden wurde das Ästchen, noch mit Staniol versehen, abgenommen und in Bichromat gestellt. Bei Ribes enthält die Blatt-Epidermis, zumal an der Oberseite, viel Gerbstoff. Nach Behandlung mit Bichromat wurde das Blatt an der Oberseite dunkelbraun, beinahe schwarz. Nun war das Resultat dieses Versuchs, dass die bedeckten Teile ein viel weniger kräftige Dunkelfärbung erhielten. Nur in der Nähe der Nerven war das Blatt braun gefärbt; zwischen zwei Nerven war das Blatt stellenweise selbst grün geblieben.

Es wurde nun von einem neuen Ast ein Blatt ganz mit Staniol bedeckt, während alle andren Blätter unbedeckt blieben. Nach einem Tage wurde der Zweig wieder mit 5 % iger Bichromat behandelt. Die unbedeckten Blätter wurden schwarzbraun; das bedeckte Blatt reagierte nur in der Nähe der Nerven. Zum grössten Teil aber war das Blatt grün geblieben (Siehe Abb. 25). Nun kann man bei diesem Versuch die Einwendung machen, dass die Bedeckung mit Staniol die Transpiration des Blattes dermassen behindert, dass dadurch das Reagenz nur langsam in das Gewebe durchdringt. In dieser Weise wurde sich dann das erhaltene Bild erklären lassen. Ein neuer Versuch

sollte zeigen, ob diese Verzögerung tatsächlich solch einen wichtigen Einfluss ausübt. An einem Ast wurden die Blätter in verschiedener Weise behandelt. Ein Blatt oder zwei Blätter wurden mit Staniol bedekt; ein oder zwei andren wurden mit Gelatinpapier bedeckt und die übrigen unbedeckt gelassen. Die Bedeckung fand statt abends nach dem Einfallen der Finsternis. Nach 24 Stunden wurde der Ast abgenommen und in 5 %iger Bichromat gestellt. Das Resultat war befriedigend. In Bezug auf die Transpiration waren die mit Staniol und mit Gelatinpapier bedeckten Blätte in gleicher Kondition; in Bezug auf die Lichtintensität natürlich nicht. Es stellte sich heraus, dass die mit Staniol bedeckten Blätter zum grössten Teile grün geblieben waren, während die mit Gelatinpapier bedeckten ganz braun geworden waren. Zwar war die Reaktion bei diesen letzten Blättern etwas weniger kräftig als bei den unbedeckten Blättern; aber der Unterschied war unbedeutend (Siehe Abb. 26). Die unbedeckten Blätter waren alle dunkelbraun. Zufälligerweise wurden bei diesem Versuche mit Gelatinpapier Blätter bedeckt, welche am Stengel unter dem mit Staniol bedeckten gestellt waren. Das Reagenz konnte deshalb leichter in diese durchdringen als in der höher gestellten Staniol-Blätter. Bei einem folgenden Versuch wurden daher die beiden Blätter verwechselt. Eins der unteren Blätter wurde mit Staniol bedeckt, dann ein Blatt mit Gelatinpapier umgeben und die oberen Blätter frei gelassen. Diese Anordnung aber blieb ohne jeden wesentlichen Einfluss auf das Resultat.

Man muss deshalb annehmen, dass der Gerbstoffgehalt des Ribesblattes im Dunklen stark zurückgeht. Der Gerbstoff muss deshalb aus dem Blatte verschwinden können, sei es zu Folge des Respiration, sei es weil die Substanz nach dem Stamme abfliesst. Die beschriebenen Versuche besitzen einen vorläufigen Charakter, zeigen jedoch ganz klar, dass zur Bildung der Gerbstoffs im Blatte Licht ein unentbehr-

licher Faktor ist, sowie auch dass der Blattgerbstoff im Dunklen verschwindet.

2. Rhododendron [1]).

a. Stengel. — Die einjährigen Stengelteile wurden im Juli während einigen Tagen mit 5. Proz. Kaliumbichromat behandelt. Es wurden Querschnitte angefertigt aus dem ganz jungen Stengel gerade unter der beblätterten Zweigspitze. Der Stengel is an dieser Stelle noch grün. Die Epidermis und zwei Zellschichten, grenzend an der Epidermis, bilden die äussere Gerstoffgürtel. Durch die Aussenrinde gehen gerbstoffhaltige Zellreihen, welche bestehen aus Zellen, welche eine einigermassen verdickte

[1]) Es wurde eine einjähriger Zweig sammt seinen Blättern zerkleinert und während 15 Minuten gekocht mit fünffacher Menge Wasser. Nach 24 Stunden wurde filtriert. Das Dekokt war braun; der Geschmack war bitter and zusammenziehend; in Verdünnung 1 : 250 lieferte die Abkochung einen bleibenden Schaum. Mit sämmtlichen Gerbstoffreaktionen wurden positive Reaktionen erhalten. Gelatine-Lösung gab einen schweren, braunen Niederschlag; Hämoglobin-Lösung auch. Mit salzsaurem Chinin wurde ein dichtes Präzipitat erhalten, welches zum Teile sich in verdünnter Salzsäure löste; der unlösliche Teil war löslich in verdünntem Spiritus. Mit Kaffein- und Antipyrinlösungen wurden gleichfalls schwere Niederschläge erhalten. Eisenchlorid verursachte ein dickes, blaues Präzipitat. Kaliumbichromat reagiert nach kurzer Zeit mit dieser Abkochung; es bildet sich ein dichter, dunkelbraunen Niederschlag. Mit Bleiessig entstand ein besonders schweren, gelben Niederschlag; mit Sublimat einen weissen. Beim Kochen mit verdünnter Schwefelsäure entstand ein braunrotes, wasserunlösliches Pulver. — Von allen untersuchten Teilen der Rhododendron wurden auch Kaffein-Präparate angefertigt und untersucht. Dieselben zeigten in allen Hinsichten übereinstimmende Resultate mit den Bichromat-Präparaten. Zum Teile sind dieselben noch verglichen mit Chinin- und Antipyrin-Präparaten; auch diese gaben übereinstimmende Resultate.

Wand und eine ziemlich regelmässige Form besitzen. Gewöhnlich sind dieselben eiförmig. Die andren Zellen sind alle gerbstofffrei; besitzen eine unregelmässige Form, dünne Wände und enthalten bisweilen Krystallkomplexe von Ca-oxalat. Die Gerbstoffbahnen sind meist eine Zelle breit; stellenweise aber auch zwei oder mehr. Wie aus Längsschnitten zu lernen ist, sind diese Zellreihen Querschnitte gerbstoffhaltiger Zellstreifen, welche die ganze Rinde und auch das Mark durchziehen. Zwischen der verhältnismässig breiten Aussenrinde und der Innenrinde befindet sich ein Bastfaserschicht zur Dicke einer oder zweier Faser. Die Schicht besteht aus Gruppen von 4 oder 5 Fasern, bisweilen auch mehr oder weniger. Durch die Öffnungen in der Faserschicht stehen die Gerbstoffstreifen der Aussenrinde in Verbindung mit der Innenrinde. Dieselbe besteht aus einem kleinzelligen Gewebe, welches in den grösseren Elementen (Parenchymzellen) Gerbstoff enthält. Die kleineren Elementen (Phloëm) enthalten keinen Gerbstoff. Die Zahl der Gerbstoffelementen ist hier so gross, dass die Innenrinde eine zweite Gerbstoffgürtel bildet, konzentrisch mit der Epidermis. Die Kambiumzellen sind gerbstofffrei, wenn dieselben eine Anlage zur Bildung holzartiger Elementen sind. Gehören sie zu den Markstrahlen, so sind sie gerbstoffhaltig. Der Holzzylinder ist noch von einfacher Zusammensetzung; quantitativ nimmt das Holz in diesem Teile des Stengels nur eine untergeordnete Stellung ein. Markstrahlen zur Breite einer Markstrahlzelle schliessen zwei Reihen Holzelementen ein. Die Markstrahlen sind alle gerbstoffhaltig, auch die breiten, welche zwei oder mehr Zellen breit sind. Von den letzteren kommen nur wenige in dem Holzringe vor. Sie stehen durch Kambium und Innenrinde in Verbindung mit den Gerbstoffbahnen in der Aussenrinde. An der Verbindungsstelle ist die Bastfaserschicht unterbrochen.

Das Mark besteht aus zwei Zellarten, dickwändige

getüpfelte und dünnwändige, ungetüpfelte. Die letzteren sind grösser, gerbstofffrei und enthalten oft ein Krystallkomplex von Ca-oxalat. Von den dickwändigen Zellen ist der grösste Teil gerbstoffhaltig. Die Gerbstoffzellen sind sehr zahlreich und bilden Streifen von mehreren Zellen Breite, welche zusammen ein dichtes Netz bilden (Siehe Abb. 27).

Ein Radial-Schnitt zeigt folgendes (Siehe Abb. 28). Die Epidermis hat eine dicke Cuticula und besteht aus kleinen, isodiametrischen, gerbstoffhaltigen Zellen. Die Aussenrinde hat weiter zwei Typen Parenchymzellen, gerbstoffhaltige und gerbstofffreie. Die Ersteren sind kleiner oval oder rechteckig (beinahe quadratisch), dickwändig und zu breiten Streifen (von 1 bis 7 Zellen) vereint. Der Querschnitt dieser Streifen liess schon vermuten, dass dieselben im Längsschnitt keine regelmässigen Figuren zeigen würden. Sie bilden nämlich wellige Platten, die in Längsschnitten in sehr verschiedenen Weisen getroffen werden können. Die Streifen anostomosieren; sie enthalten nie Ca-oxalat. Die gerbstofffreien Zellen sind gerbstofffrei. grösser und haben eine unregelmässige Form. Viele dieser Zellen dragen ein grosses Krystallkomplex von Ca-oxalat. Wo ein Blatt abgefallen ist, wird die Epidermis unterbrochen durch Korkgewebe; das Rindengewebe grenzend an dieser Narbe zeigt eine intensive Gerbstoffreaktion. Die gerbstoffhaltigen Zellen enthalten gewöhnlich auch Stärke. An der Innenseite wird die Rinde abgeschlossen durch die Bastfaserschicht, in Längsschnitten gewöhnlich nur eine Faser breit. Dann folgt die gerbstoffreiche Innenrinde, welche in Verhältnis zu der Aussenrinde sehr schmal ist. Diese Rinde besteht aus schmalen, länglichen, dünnwändigen, stärkefreien Zellen. Das Holz besteht aus Holzgefässe und Holzparenchym. Nur die Markstrahlzellen sind gerbstoffhaltig. Das Mark besteht hauptsächlich aus dickwändigen, ziemlich kleinen Zellen, welche im Quer-

schnitte rechtecktig sind und zum grössten Teil gerbstoffhaltig. Diese gerbstoffhalige Zellen sind zu vertikalen Bahnen verbunden, welche in dieser Pflanze mit hohem Gerbstoffgehalte bisweilen zu Platten mehrerer Zellen Breite verbunden sind. Das dünnwändige Parenchym liegt in vertikalen Bahnen zur Breite einer oder zwei Zellen. Dieses Gewebe ist teilweise zerstört; in diesem Falle hat sich ein intrazellulärer Raum gebildet zur Höhe mehrerer Zellen und zwei bis drei Zellen breit.

b. Endknospe. — Ein radialer Schnitt durch diese Knospe zeigt folgendes. Das Gewebe ist ganz und gar gerbstoffhaltig (Ein Querschnitt lehrt dasselbe), ausgenommen die dünnwändigen Parenchymzellen. Eine intensive Gerbstoffreaktion zeigt die Epidermis und Hypodermis und auch die Gefässbündelchen, welche hier noch sehr zart sind. Die Zahl Ca-oxalat-Krystalle nimmt dem Endpunkte in hohem Masse zu. Dort ist die Gerbstoffreaktion im Marke nur mässig. Besonders kräftig ist die Reaktion in Gewebeteilen an den Stellen, wo eine Knospe angelegt wurde.

Die kleinsten, zentralen Blättchen der Endknospe enthalten weniger Gerbstoff als die grösseren. Die kräftigste Reaktion ist wahr zu nehmen in den ältesten Blättchen und zwar am meisten in der Spitze. Auch in den Blättchen ist die Zahl Ca-oxalat-Krystalle sehr gross.

Es wurden eine Serie auf einander folgende Querschnitte durch die Endknospe dargestellt. Die Blättchen umfassen einander mit breiten Seitenflügeln und liegen in der durch die Blattstellung bestimmten Reihenfolge. Ein Querschnitt durch den apicalen Teil der Knospe zeigte im Zentrum zwei gerbstoffreichen Spitzen der jüngern Blättchen. Die übrigen Blätter sind in einem mehr basalen Teile getroffen; dieselben enthalten desto mehr Gerbstoff, nachdem sie näher der Peripherie gelegen und grösser und älter sind. Die mehr zentral gelegenen Blättchen reagiren mit Bichromat nur in der Umgebung des wichtigsten Gefäss-

bündels. Die älteren zeigen eine mehr gleichmässige Reaktion; ausgenommen sind die dünnwändigen, Ca-oxalathaltigen Zellen. (Dieselben sind gerbstofffrei und bilden eine Schicht in der Nähe der Unten- (Aussen-) Seite der Blättchen. Kalziumoxalat-Komplexe sind zumal in den jüngeren Blättchen in grosser Anzahl anwesend). In einem mehr basal gemachten Querschnitt ist die Gerbstoffreaktion in allen Teilen kräftiger. Wieder höher ist der Gerbstoffgehalt in einem folgenden Schnitt. In einem der folgenden Schnitte wurde die Stengelspitze getroffen. Da enthält das Gewebe vielen Gerbstoff und viele Krystallsterne von Ca-oxalat; am kräftigsten ist die Reaktion in den fünf Gefässbündelchen. Dieselben haben hier noch eine sehr zarte Struktur. Sie sind zum Teile schief, zum Teile auch längs durchschnitten durch den eigentümlichen Verlauf der Gefässbündel in der Nähe der Endknospe. Das wichtigste ist hier die regelmässige Verteilung zwischen dick- und dünnwändigem Parenchym. Die dünnwändigen Zellen, die allein Träger sind von Kalziumoxalat, liegen in kleinen Gruppen beisammen. Diese Gruppen treten im Präparat als weisse Stellen hervor; um denselben ist das Netz von runden, gerbstoffhaltigen Zellen gruppirt. Die mehr apicalen Durchschnitte der Blättchen sind scheibenförmig; hier im basalen Teile nähert der Querschnitt die Deltaform. Die Struktur erinnert an die Blattstielstruktur. Im Parenchym ist eine Differentierung eingetreten zwischen runden, gerbstoffhaltigen Zellen mit dicker Wand und gerbstofffreien Zellen mit dünner Wand.

c. Blattstiel. — Ein Querschnitt durch den Blattstiel ist dem das Stengels in Hauptzügen sehr ähnlich. Es giebt jedoch Differenze. Im runden Blattstielle (Siehe Abb. 29) liegt exzentrisch ein nierenförmiger Gefässbündel, während daneben noch zwei kleineren Gefässbündel (zu beiden Seiten einer) vorkommen. Die kleinen Gefässbündel haben nicht mehr als $\frac{1}{20}$ der Breite des Blattstiels und der grosse $\frac{1}{4}$

bis $\frac{1}{5}$ der Breite. Der obere Teil des Parenchyms ist schmaler als der Unterteil; der Oberteil hat mehr Gerbstoffelementen als der Unterteil. Dieselben sind zu Streifen und Platten verbunden, dazwischen liegt das gerbstofffreie, dünnwändige Gewebe, welches Ca-oxalat enthält. Im breiten Rindenteile sind die Gerbstoffelemente einigermassen radial gestreckt und zu einzelligen Bahnen vereint, welche radial gestellt sind und anastomosieren. In der Nähe des Gefässbündels sind die Streifen bisweilen gabelförmig und umfassen mit den beiden Ausläufern ein Bündelchen von ungefähr 4 Bastfasern. Die letzte Paremchymschicht der Aussenrinde bildet eine Stärkescheide, innerhalb derselben liegt eine unterbrochene Bastfaserschicht. Durch die Öffnungen in der Schicht stehen die Gerbstoffbahnen in Verbindung mit Innenrinde, Markstrahlen und Mark. Die Innenrinde besitzt im Querschnitte eine nur sehr geringe Dicke und besteht aus einem kleinzelligen Gewebe (Phloëm). Dieses ist zum Teile gerbstoffhaltig, zum Teile gerbstofffrei. Das Kambium enthält keinen Gerbstoff mit Ausnahme der Kambiumzellen in den Markstrahlen. Die Markstrahlen sind beinahe alle nur eine Zelle breit; zwischen zwei Markstrahlen liegen gewöhnlich zwei Reihen Holzgewebe. Der Gefässbündel ist an der Oberseite eingebogen; an dieser Seite grenzt derselbe an einem kleinzelligen Gewebe. In dem zurückweichenden Teil des Gefässbündels fehlen Bastfaser- und Phloëmschicht; hier fängt sofort das gewöhnliche, grosszellige Parenchym mit den Gerbstoffbahnen, an.

Der Längsschnitt (Siehe Abb. 30) des Blattstieles zeigt an der Unterseite die peripherische, kollenchymatische Gerbstoffgürtel, bestehend aus Epidermis und zwei oder drei Zellschichten. Im übrigen ist das Gewebe der Rinde hier dünnwändig und gerbstofffrei, ausgenommen die dickwändigen, ovalen Gerbstoffzellen, die in diesen Präparaten Platten verschiedener Form und Grösse bilden. In den gerbstofffreien Zellen kommen grosse Krystallkomplexe

von Ca-oxalat vor, am meisten in der Nähe der Epidermis. Die Stärkescheide besteht aus länglichen Zellen, 8 bis 10 Mal so lang als breit, die keinen Gerbstoff enthalten. Das Gewebe unter der Stärkeschicht besteht aus sechs Schichten langen, sehr schmalen Zellen mit hohem Gerbstoffgehalte. Dann folgt das Holz, welches in den unterschiedenen Präparaten ein wechselndes Aussehen zeigt, je nach dem Gefässbündelteil, welcher getroffen wurde. Jedenfalls ist hier zwischen Holz und Stärkescheide die oben beschrieben Innenrinde (nämlich wenige Schichten langer schmaler Zellen, bisweilen von einer Bastfaser begleitet). Der schmale Rindenteil enthält mehr Gerbstoff als der breite; besonders unter der Epidermis ist eine mächtige Platte (12 bis 15 Zellen breit).

d. Blatt. — Im Blatte dringen die Reagentiën nur langsam durch; daher zeigen die Blattteile in der Nähe des Hauptnerfs die Gerbstoffreaktion am ersten. Die Epidermis enthält keinen Gerbstoff; das Schwammparenchym zeigt eine kräftige Reaktion; weniger kräftig ist dieselbe im Palissadenparenchym, welches drei bis vier Zellen hoch ist.

Der Hauptnerf (Siehe Abb. 31) besitzt eine Struktur, welche einigermassen dem des Stengels und Blattstieles nahe kommt. An der Oberseite geht die Cuticula beinahe in einer geraden Linie über dem Hauptnerf; nur in der Mitte wird dieselbe ein wenig zurückgebogen (nämlich zur Länge 7 der kleinen Epidermiszellen). Die sechs ersten Zellschichten sind gerbstoffreich über der ganzen Breite des Hauptnerfs. An der Unterseite ragt der Nerf über dem andren Blattgewebe empor; an dieser Seite wird derselbe umschlossen durch eine Gerbstoffgürtel, bestehend aus der Epidermis und zwei Zellschichten unter derselben. Von der Peripherie gehen zahlreiche einzellige Gerbstoffbahnen dem Gefässbündel zu; hier und da sind einige Bahnen unter einander verbunden zu einer Platte. Zwischen den Gerbstoffliniën liegt das dünnwändige, gerbstofffreie Paren-

chym. Der Gefässbündel ist von einer Gerbstoffgürtel umschlossen. Es scheint der Gefässbündel aus zwei Teilen gebildet, nämlich einem halbzylinderförmigen Teil, der erinnert an den Gefässbündel des Blattstieles und einem zweiten, flachen Teil, das an der Oberseite genau an den zylinderförmigen anschliesst. Zwischen beiden Teilen ist noch ein kleines Stückchen Parenchymgewebe. Der ganze Gefässbündel ist umgeben von einer mächtigen Bastfaserschicht (4 bis 6 Fasern dick). Diese Bastfaserschicht wird an verschiedenen Stellen unterbrochen durch die Gerbstoffbahnen, welche in dieser Weise in Verbindung stehen mit dem Phloëmgewebe unter der Bastfaserschicht. Das Phloëm ist ein schmaler Streifen sehr zarten Struktur; in demselben sind gleichviel gerbstoffhaltige wie gerbstofffreie Elementen. Im Gefässbündel sind die Markstrahlen gerbstoffhaltig. Im Zentrum wird der Gefässbündel begrenzt durch ein kleinzelliges, gleichmässiges Gewebe, welches dicker Wände besitzt als das Phloëm an der Aussenseite. Dieses Gewebe ist gerbstofffrei, ausgenommen die Fortsetzung der Markstrahlen darin. Ganz im Zentrum liegen wenige Parenchymzellen, zum Teil gerbstoffhaltig.

e. *Frucht.* — Der Fruchtstiel trägt kurze, einzellige Haare, welche Gerbstoff enthalten. Die äussere Gerbstoffgürtel besteht aus der Epidermis und noch eine Zellschicht. Das Rindengewebe ist im Ganzen gerbstofffrei; die gerbstoffhaltigen Elementen liegen in diesem Gewebe zerstreut und besitzen eine etwas dickere Wand als das übrige Gewebe. Im Rindengewebe kommen einige wenige Steinzellen vor. Nach der Innenseite wird die Rinde begrenzt durch 6 bis 7 Schichten Bastfasern, mit grossem Lumen. Dieselben umschliessen ein Phloemgewebe von äusserst zarter Struktur; in diesem Phloëm findet man einzelne gerbstoffhaltigen Parenchymzellchen, die weit grösser sind als das umgebende Gewebe. Dann folgt ein sehr schmaler Streifen Xylem von zarter Bau mit gerbstoffhaltigen Mark-

strählchen. Im Marke liegen die Gerbstoffelementen zerstreut.

Die Frucht besteht aus acht Fruchtblättern; jedes Blatt ist für sich hufeisenförmig gebogen. Die Plazenta ist zentral. Das Parenchymgewebe der Fruchtwand ist durch Kaliumbichromat ganz und gar braun gefärbt. Nur ein Teil des Gefässbündelchen, das gerade in der Mitte des Fruchtblattes vorhanden ist, zeigt eine dunklere Farbe. Auch hier aber ist nur die Zellwand gefärbt, nicht der Inhalt. Die inneren Schichten eines Fruchtblattes bestehen aus Steinzellen, welche keine Reaktion geben. Die beiden Flügel der hufeisenförmig gebogen Fruchtblätter nähern einander bis zwei oder drei Parenchymzellen sich dazwischen befinden. Neben der Steinzellenschicht besteht das Fruchtblatt aus Parenchymgewebe, mit gerbstofffreier Epidermis. Das Gefässbündelchen liegt am Punkte der grösste Wölbung in der Nähe der Steinzellenschicht. Es besteht aus gerbstofffreiem Phloëm (nach der Aussenseite) und ein Holzgewebe an der Seite der Steinzellenschicht. Die Zellwände der Holzelementen sind braun gefärbt. Die Plazenta besteht aus einem gleichmässigen Gewebe, in welchem die Gefässbündel als dunkle Stellen erscheinen. Die Fruchtblätter umschliessen die Samenknospen und einzellige Papillen.

f. Zusammenfassung. — Die Untersuchung dieser Rhododendron-Art lieferte eine Bestätigung verschiedener Tatsachen, bei Ribes zum Vorschein getritten. Auch hier ist beim jungen Stengel eine peripherische Gerbstoffgürtel anwesend, und ist die Innenrinde gerbstoffreich. Die einzelligen Markstrahlen sind gerbstoffhaltig; von den breiten Markstrahlen sind meistens nur die beiden äusseren Zellreihen gerbstoffhaltig. An der Seite des Markes sind die breiten Markstrahlen auch hier verbunden durch eine runde Linie gerbstoffhaltiger Markzellen, wie bei den primären Gefässbündeln der Ribes. Die einzelligen Gerbstoffbahnen, welche bei Ribes in Aussenrinde und Mark vorkommen, sind hier vertreten durch Gerbstoffstreifen,

welche im Querschnitt eine gebogen Linie Gerbstoffzellen zeigen. Diese Gerbstoffstreifen kommen an erster Stelle vor in der Aussenrinde; im Marke sind die Gerbstoffzellen zu mächtigen Platten verbunden. Auch hier enthält die Stärkescheide keinen Gerbstoff. In Aussenrinde und Mark besteht ein Unterschied zwischen gerbstofffreien und gerbstoffhaltigen Zellen in Gegensatz zu dem bei Ribes konstatierten Fehlen eines Unterschiedes zwischen beiden Zellarten. Das Kambium ist gerbstofffrei, ausgenommen in den Markstrahlen. Im Phloëm sind alle Parenchymzellen gerbstoffhaltig, alle Gefässe gerbstofffrei.

---

3. Rosa spec.

Untersucht wurden einige Teile einer Teerose [1]), welche unter dem Gärtnernamen „Gloire de Dyon" bekannt ist. Von den untersuchten Teilen sind sowohl Koffein- als Bichromatpräparate, dargestellt. Beide lieferten übereinstimmende Resultate. Untersucht wurden der einjährige Zweig, das Blatt, der Fruchtstiel und die Frucht.

a. Stengel. — Im allerjüngsten Stadium zeigt ein noch in vollem Wachstum seinder Ast folgendes. Die Zahl Gerbstoffelementen ist sehr gross; nur der Gefässbündelring macht hierauf eine Ausnahme. In der Rinde zeigen alle Zellen positive Reaktion mit Ausnahme derjenigen, welche die vorletzte Schicht des Gefässbündels bilden. Der

---

[1]) Das diese Rose tatsächlich gerbstoffhaltig ist, wurde nachgewiesen durch die Untersuchung einer Abkochung des einjährigen Astes. Der verkleinerte Zweig wurde 15 Minuten mit fünffacher Menge Wasser gekocht; nach 36 Stunden wurde filtriert und im Filtrat die Gerbstoffreaktionen ausgeführt in der Weise wie für Ribes und Rhododendron beschrieben wurde. Alle Reaktionen waren positiv, wenn auch nicht stark. Eisenchlorid färbte grün. Beim Kochen mit verdünnter Schwefelsäure wurde die Farbe intensiver rot; die Bildung eines roten Niederschlags wurde aber nicht konstatiert.

Gefässbündel ist an mehreren Stellen noch unterbrochen; Rindengewebe und Mark kommen in diesen Stellen zusammen. Der Gefässbündel ist in diesem übrigens reinen Querschnitt schief getroffen; dieselbe giebt also kein vollkommen klares Bild. Bemerkt wurden drei wohl abgegrenzten, primären Gefässbündelchen. Das Mark ist hier quantitativ das wichtigste Gewebe. Hierin sind die gerbstoffhaltigen Zellen die kleineren Elementen; die gerbstofffreien sind gewöhnlich etwas grösser. Der Unterschied ist jedoch nicht so gross wie in den älteren Teilen des Stengels.

In einem Längsschnitt zeigt die Epidermis eine kräftige Gerbstoffreaktion; im chlorophyllfreien Kollenchym darunter ist die Reaktion weniger ausgesprochen. Wieder deutlicher ist die Reaktion im Blattgrün-haltigen Teil der Rinde. Die Schicht, welche die Anlage bildet zur Bastfaserschicht, ist gänzlich gerbstofffrei. Das Phloëm scheint im Längsschnitte ganz gerbstoffhaltig. Im Marke bilden die rechteckigen Gerbstoffelementen senkrechte Bahnen, die neben gerbstofffreiem Gewebe vorkommen. Die Zahl der Gerbstoffbahnen ist hier sehr gross.

Ein Querschnitt in der Nähe der Spitze eines älteren Stengels, welcher schon eine reifende Frucht trägt, zeigt folgendes. Die Rinde ist beinahe ganz gerbstoffhaltig. Einzelne Zellen enthalten ein Krystallkomplex von Kalziumoxalat; dieselben enthalten keinen Gerbstoff. An der Innenseite der Rinde liegen Bastfaserbündel, geschieden durch eine Schicht gerbstoffhaltiger Parenchymzellen. Die Bastfaser sind gerbstofffrei; die Bündel sind bis 8 Fasern dick. Die Bastfaserbündel schützen das Phloem welches gerbstofffrei ist mit Ausnahme der Parenchymzellen. Dieselben bilden eine Fortsetzung der Markstrählchen oder liegen in der Nähe der Bastfaserschicht. Das Kambium ist gerbstofffrei, ausgenommen in den Markstrählchen. Die Länge der Markstrählchen mit der Fortsetzung im Phloëm beträgt

ungefähr 20 Zellen. Gewöhnlich sind dieselben nur eine Zelle breit; einige wenige sind 3 oder mehr Zellen breit. Die gewöhnlichen, einzelligen Markstrahlen finden im Phloëm eine Fortsetzung von der Breite einer einzigen Zelle; bei den andren ist auch die Fortsetzung breiter. Die gewöhnlichen Markstrahlen sind in allen Zellen gerbstoffhaltig, die mehrzelligen nur zum Teile. Hauptsächlich enthalten diese letzteren Gerbstoff in den beiden seitlichen Reihen. Im Xylem liegt zwischen zwei Markstrahlen 1 bis 2 Reihen. Holzgewebe. An den Markseite findet man wieder eine schmale Phloëmpartie. Die Anordnung der gerbstoffhaltigen Parenchymzellen ausserhalb der Gefässbündel und innerhalb des zentralen Phloëms macht den Eindruck, ob mehrere Teile des Gefässbündels umgeben waren von einer Gerbstoffgürtel. Die Rinde der Rose zeigt in deutlicher weise, was man früher unter „Gerbmehl" verstanden hat, nämlich Stärkekörner, gefärbt durch die Adsorption des braunroten Farbstoffs, welcher das Resultat ist der Gerbstoff-Bichromat-Reaktion. Im Marke liegen runde oder ovale, ziemlich kleine, gerbstoffhaltige Markzellen. Dieselben bilden an der Innenseite des Gefässbündels einen Ring, welcher an mehreren Stellen unterbrochen wird. Das Mark besteht im übrigen aus zwei Zelltypen, grosse Zellen, welche vollkommen gerbstofffrei sind und kleinere, gerbstoffhaltige.

Ein Längsschnitt wurde dargestellt an der Stelle, wo der Zweig in den Fruchtstiel übergeht. In diesem Präparate zeigte sich die Rinde so gut wie ganz gerbstoffhaltig; ausgenommen sind die Kalziumoxalathaltigen Zellen. Die Form der Zellen ist verschieden. Die Epidermis-zellen sind ungefähr quadratisch; die daran grenzenden Schichten bestehen aus länglichen Zellen. Die inneren Schichten bestehen aus quadratischen oder selbst tafelförmigen Zellen. Die Schicht, grenzend an die Bastfaserschicht, ist gewöhnlich gerbstoffhaltig; die Stärkescheide ist gerbstofffrei. In

der Umgebung der Stärkescheide kommen die meisten Krystalle von Ca-oxalat vor. Im Längsschnitte sieht man die Bastfaserschicht als einen breiten, weissen Streifen. Im Phloëm sind die Siebgefässe gerbstofffrei; die langen Parenchymzellen sind gerbstoffhaltig. Der Gefässbündel besteht an dieser Stelle aus zartem Gewebe; nur ein einziges, grosses Gefäss findet man hier. Die mehrzelligen Markstrahlen sind in diesem Präparate zu erkennen durch ein unregelmässiges, gerbstoffreiches Gewebe in der Rinde und eine Platte von rechteckigen Zellen im Holze. Diese Zellen sind gerbstoffhaltig, jedenfalls in der Nähe des Markes und des Phloëms. Im Marke bilden die kleineren, gerbstoffhaltigen Elementen senkrechte Reihen; dazwischen liegen die grossen, gerbstofffreien Markzellen. Die senkrechten Gerbstoffbahnen sind an verschiedenen Stellen verbunden durch Querstreifen, welche auch in dieser Richtung gestreckt sind. In dieser Weise bilden die gerbstoffhaltigen Elementen im Marke ein wahres Netz. An einzelnen Stellen kommen die Gerbstoffzellen zusammen zu einer Platte von 3 oder mehr Zellen. Alle Markzellen sind getüpfelt.

Wo Stengel und Fruchtstiel an einander grenzen, da ist die gewöhnliche Anordnung der Zellen zerstört. Man findet hier ein unregelmässiges Parenchymgewebe, das zahlreiche Gerbstoffzellen enthält. In diesen Zellen ist die Gerbstoffreaktion kräftig.

Zwischen dem 6ten und 7ten völlig entwickelten Blatte wurde ein Querschnitt dargestellt (Siehe Abb. 32). Die Epidermis ist gänzlich gerbstoffhaltig, das Parenchym der Aussenrinde ist zum grössten Teil gerbstoffhaltig. Die Gerbstoffzellen bilden unter einander zusammenhängende Bänder und Platten, welche jedoch nicht so regelmässig angeordnet sind als bei Rhododendron. Die krystallführenden Zellen sind frei; dicht unter der Epidermis enthalten dieselben einfache Krystalle, mehr ins Innere der Rinde

enthalten sie Krystalkomplexe. Die letzte Schicht der Aussenrinde ist die Stärkescheide, welche gerbstofffrei ist. Die Bastfaserschicht bildet in diesen Präparaten einen weissen Ring, welcher regelmässig unterbrochen wird durch gerbstoffhaltige Parenchymschichten. Zwischen Bastfaserschicht und Stärkescheide liegt eine einzige gerbstoffhaltige Parenchymschicht. Die Bastfaser umschliessen Phloëm und Kambium. Das Phloëm ist gerbstofffrei; enthält aber gerbstoffhaltige Parenchymzellchen und zwar zwei Typen. Ein Type bildet die Fortsetzung der Markstrahlen; ein zweiter Type befindet sich an der Stelle, wo das Phloëm an die Bastfaserschicht grenzt. Das Kambium ist gerbstofffrei, wenn es die Anlage für Holz- oder Phloëmgewebe bildet; nicht in den Markstrahlen. Das Xylem ist gerbstofffrei; die Markstrählchen gerbstoffhaltig. Die schmalen Markstrahlen sind eine Zelle breit und immer in allen Zellen gerbstoffhaltig. Die breiten sind 6 oder mehr Zellen breit und enthalten nur Gerbstoff in den seitlichen Zellreihen. Die breiten Markstrahlen enthalten viele Stärke. Es sind die breiten Markstrahlen, deren Fortsetzung die Bastfaserschicht unterbricht. An der Markseite wird der Gefässbündel begrenzt durch ein kleinzelliges Parenchym, wie die breiten Markstrahlen viele Stärke enthaltend. Dieses Gewebe ist am dünnsten an den Enden der breiten Markstrahlen; es liegt deshalb zwischen zwei breiten Markstrahlen, Man kann diese Struktur so auffassen, dass die breiten Markstrahlen sich befinden an Stellen, wo früher eine Gerbstoffgürtel den primären Gefässbündel umgab. Das Mark besteht aus zwei verschiedenen Elementen: sehr grossen getüpfelten, gerbstofffreien Zellen und kleineren, länglichen Zellen, welche gerbstoffhaltig sind. Die letzteren bilden anostomosierende Bänder.

Der Längsschnitt, aus diesem Stengelteile erhalten, zeigt dass die Aussenrinde ziemlich schmal ist. Die Epidermis besteht auch hier aus ungefähr quadratischen Zellen, die

gerbstoffhaltig sind sowie auch die vier Schichten, grenzend an die Epidermis. Im schmalen Parenchymstreifen zwischen diesen Gewebe und den Bastfaserschicht bilden die gerbstoffhaltigen Zellen senkrechte Bahnen, geschieden durch gerbstofffreie Bahnen. Im gerbstofffreien Gewebe liegen einige grösseren Elementen, welche ein grosses Krystallkomplex von Ca-oxalat enthalten. Die vorletzte Schicht (Stärkescheide) ist gewöhnlich gerbstofffrei. Die letzte Schicht ist ganz und gar gerbstoffhaltig; der Reaktion ist besonders kräftig. Dann folgen Bastfaserschicht und Phloëm. Die Siebgefässe sind gerbstofffrei; die langen Geleitzellen gerbstoffhaltig. Das Kambium enthält keinen Gerbstoff; auch das Holz, aus Gefässe und Parenchym bestehend, ist gerbstofffrei. An der Markseite wird der Gefässbündel begrenzt von einigen Schichten Parenchymgewebe, welches besonders stärkehaltig ist. Unmittelbar neben diesem stärkehaltigen Gewebe befindet sich ein einfaches oder doppeltes Gerbstoffband, bestehend aus isodiametrischen Zellen, welche ziemlich klein sind. Sie bilden eine senkrechte Gerbstoffbahn, welche an der Seite des Zentrums begleitet wird von einer gerbstofffreien Bahn, welche gleichfalls aus isodiametrischen Zellen besteht. Bisweilen liegen auch zwei dieser Bahnen neben einander. Diese Bahnen werden begrenzt von einer Gerbstoffbahn, welche aussieht wie die oben beschriebenen Bahnen. Dann fängt das Markgewebe an, wie es quantitativ das wichtigste Gewebe ist in diesem Stengelteile. Zum grössten Teil besteht dieses Gewebe aus sehr grossen, vier- oder fünfeckigen, getüpfelten gerbstofffreien Zellen. Neben diesen grossen Zellen kommen auch kleinere vor, welche gerbstoffhaltig sind und zu senkrechten Bahnen verbunden. Mit einigen Ausnahmen werden die senkrechten Bahnen gebildet durch Zellen, welche isodiametrisch sind; nur wenige haben eine längliche Form. Die Bahnen sind durch gerbstoffhaltigen Querzellen verbunden; dieselben sind nie isodiametrisch, immer aber

der Breite nach gestreckt. An mehreren Stellen kommen einige Gerbstoffbahnen zusammen. Hier findet man die Krystallkomplexe von Ca-oxalat. (Siehe Abb. 33).

b. Das Blatt. — Der Querschnitt des geflügelten Blattstieles ist sehr interessant (Siehe Abb. 35). Die beiden Flügel bestehen ganz aus gerbstoffhaltigem Parenchym. Der mittlere Teil ist an der Unterseite gewölbt, an der Obenseite beinahe flach. Die Epidermis besteht aus sehr kleinen quadratischen Zellen mit dünner Wand und sehr starker Gerbstoffreaktion. Auch zwei Schichten Kollenchymgewebe unter der Epidermis zeigen eine kräftige Reaktion. Im übrigen ist das Parenchymgewebe so gut wie gerbstofffrei. Einige Zellen enthalten Gerbstoff, einige andren ein grosses Krystallkomplex von Ca-oxalat. In diesem Parenchymgewebe befinden sich vier Gefässbündel. Jeder Bündel ist umgeben von einer Gerbstoffgürtel zur Breite einer einzigen Parenchymzelle. Diese Tatsache bestätigt das Vermuten, entstanden durch die Wahrnehmungen an jungen Ribes-Stengeln. Innerhalb der Gerbstoffgürtel liegt an der Seite der Wölbung eine breite Schicht Bastfasern (4 bis 6 Fasern dick). Die Bastfasern umschliessen das Phloëm. Hier liegen die gerbstoffhaltigen Parenchymzellchen zum Teile in der Nähe der Bastfasern. Die andren Gerbstoffzellen bilden eine Fortsetzung der Markstrahlen. Das Kambium ist frei, ausgenommen in den Markstrahlen. Das Xylem besteht an der Seite der Wölbung aus Holzfasern, die andre Hälfte enthält auch Gefässe. Nach dem Holze folgt ein zweiter Phloëmbündel. Alles zusammen wird durch die Gerbstoffgürtel umschlossen.

Die Ober-Epidermis der Blättchen färbt sich nach Behandlung mit Kaliumbichromat ganz dunkelbraun, dieselbe ist stark gerbstoffhaltig; dasselbe gilt von der Epidermis an der Unterseite. Das übrige Gewebe des Blattes zeigt nur mässige Reaktion, am besten ist die Reaktion noch wahr zu nehmen in der oberen Reihe der zwei Schichten

Palissadenparenchym. Am kräftigsten ist die Reaktion in der Nähe der Nervatur. Die Seitennerven werden an der Unterseite begrenzt durch eine oder zwei Reihen Zellen, welche Ca-oxalat (einfache Krystalle) enthalten. Ausserdem kommen noch Krystallsterne vor in grossen, gerbstofffreien Zellen der Unter- und Ober-Epidermis.

Der Hauptnerf zeigt eine ausserordentlich kräftige Gerbstoffreaktion in Ober- und Unter-Epidermis. Das Kollenchym unter der Epidermis ist 4 Zellen breit und enthält viele Gerbstoffelementen. Das Parenchym unter dem Kollenchym enthält nun spärliche Gerbstoffzellen; est ist nur 2 bis 3 Zellen breit. Dann folgt der Gefässbündel, umgeben durch gerbstoffhaltige Parenchymzellen. Innerhalb der Gerbstoffgürtel liegt ein gerbstofffreies Gewebe von starkwändigem Gewebe mit ziemlich grossem Lumen. Dasselbe liegt an der Stelle, wo bei den Gefässbündeln in dem Stengel die Bastfaserschicht gefunden wird. Im Phloem bilden einige gerbstoffhaltigen Parenchymzellchen die Fortsetzungen der Markstrählchen. Das Holz ist gerbstofffrei; die Markstrahlen nicht.

c. *Die Knospe.* — Angehends der Gerbstoffverteilung in der Knospe muss bemerkt werden, dass die jungen Blättchen eine sehr intensive Reaktion zeigen, ausgenommen im zarten Gefässbündelchen. Im Stengel ist das Gewebe in der Umgebung der Knospe gerbstoff- und stärkereich. Die Stärke befindet sich im Gefässbündel und im Marke in der Nähe des Gefässbündels. Die Rinde bildet hier das Gerbstoffmagazin. Vor Allem ist das Parenchymgewebe in der unmittelbaren Nähe der Knospe sehr gerbstoffreich. Auch treten hier besonders viel Krystallkomplexe von Ca-oxalat auf. Das Mark hat weiter das gewöhnliche Aussehen.

d. *Die Frucht.* — Der Querschnitt des Fruchtstiels (Siehe Abb. 34) zeigt das Vorkommen von mehrzelligen Haaren, welche gerbstoffhaltig sind. In dem Rindengewebe sind fünf äussere Zellschichten gerbstoffhaltig. Das Parenchymgewebe

unter dieser Gerbstoffgürtel ist teilweise gerbstoffhaltig, teilweise aber frei. Die Gerbstoffelementen in diesem Gewebe sind (wie alle andren Zellen) rund, sie sind zu Schnüren von 4 bis 6 Zellen vereint. Im gerbstofffreien Teil befinden sich zahlreiche Krystallkomplexe von Ca-oxalat. Nun folgt eine merkwürdige Gürtel. Der Gefässbündel besteht hier nämlich nicht aus konzentrischen Schichten Phloëm, Xylem und Phloëm, aber dieselbe ist aus ungefähr 30 selbstständigen Gefässbündelchen zusammengestellt. Das ganze Komplex wird von einer gerbstofffreien Stärkescheide umgeben. Ein Gefässbündelchen wird umgeben von einer Schicht gerbstoffhaltiger Parenchymzellen (Siehe Abb. 34); dieselben sind kleiner als die Parenchymzellen, welche die Rinde zusammenstellen, aber grösser als die Elementen der Gefässbündel. An der Aussenseite liegt im Gefässbündel eine gewölbte Bastfaserschicht, bestehend aus dünnwandigen Bastfasern mit grossem Lumen. Nur ausnahmsweise kommt in dieser Schicht ein Element vor, das mit Bichromat reagiert. Das Phloëm ist von sehr zarter Struktur; es enthält wenige Gerbstoffzellchen in der Nähe der Bastfasern. Zwischen Phloëm und Xylem befindet sich das Kambium, welches nur in den Markstrahlen Gerbstoff enthält. Im Holze liegen 5 oder 6 kleine Markstrählchen; an der Innenseite liegt noch ein zweites Phloëmbündelchen, in welchem keine Gerbstoffelementen vorkommen. Das Mark unterscheidet sich vom Marke im Stengel dadurch, dass es aus runden Zellen besteht. Die Gerbstoffzellen sind zahlreich und zu Bändern verbunden. Das Kalziumoxalat kommt in den gerbstofffreien Teilen vor.

In einem Längsschnitte in der Nähe vom Übergang des Stengels im Fruchtstiel zeigt der letztere sich stark gerbstoffhaltig. Die Rinde ist nur gerbstofffrei in der Stärkescheide und einigen Ca-oxalatführenden Zellen. Die dünnwändigen Bastfasern sind gerbstofffrei. Im Holze sind nur einige Markstrahlzellen gerbstoffhaltig. Das Mark ist

merkwürdig, weil es auch hier isodiametrische Zellen zeigt. Die Gerbstoffzellen bilden auch hier senkrechte Bahnen, durch gerbstofffreie Bänder von einander geschieden. Das Mark enthält hier viele, grosse Krystallkomplexe von Ca-oxalat.

Die Fruchtwand reagiert gleichmässig mit Bichromat. Eine Ausnahme machen nur die Gefässbündelchen, welche in grosser Zahl im Parenchym zerstreut liegen ungefähr mitten zwischen Innen- und Aussenwand. Die meisten Gefässbündelchen wurden schief getroffen. Dennoch ist wahrzunehmen, dass das Phloëm gerbstofffrei ist. Neben diesen grösseren Gefässbündelchen mitten im Fruchtblatte kommt an der Innenseite noch eine grosse Menge Gefässbündelchen vor. welche beinahe ganz aus Phloëm bestehen. Die Innenwand trägt zahllose, grosse, leicht zerbrechliche, einzellige, spitze Haare; der Inhalt dieser Haare wird durch $K_2Cr_2O_7$ hellbraun gefärbt,

Der Samen ist gerbstofffrei; nur in der Aussenschicht und im Raphe entstand eine leichte Reaktion. Das Keimgewebe ist vollig frei.

---

4. Kentia spec. [1])

Als Type einer monocotylen gerbstoffhaltigen Pflanze wurde diese Palmart gewählt, welche hier als Sierpflanze gezüchtet wird. Es wurde ein altes Blatt untersucht. In einem Querschnitte, erhalten aus dem unteren, mächtigsten Teil des Blattstieles, komen drie verschiedenen Typen von gerbstoffhaltigen Elementen vor. Es giebt nämlich zwei Typen van Gerbstoffidioblasten und ein sehr kleiner

[1]) Eine wässerige Abkochung ist rot gefarbt; dieselbe giebt die bekannten Gerbstoffreaktionen. Eisenchlorid färbt grün. Beim Kochen mit verdünnter Schwefelsäure wird ein roter Niederschlag gebildet.

Gerbstoffelement in den Phloëmbündeln (Siehe Abb. 36). Das gewöhnliche Type der Gerbstoffidioblasten ist eine Parenchymzelle, welche ziemlich regelmässig im intrafasciculairen Parenchym zerstreut ist. Die andren Gerbstoffidioblasten kommen vor in der schützenden Schicht starkwändiger Zellen, welch jeden Gefässbündel zu beiden Seiten begleiten. Sie kommen gewöhnlich nur vor bei den Gefässbündeln, welche an der Peripherie liegen. Im Zentrum sind sie seltener. Neben diesen beiden Typen findet man in jedem Phloëmbündel einige, sehr kleinen Gerbstoffelementen. Die Stärkeschicht, welche den Gefässbündel umgiebt, enthält als Regel keine Gerbstoffelemente.

Der Längsschnitt zeigt, dass die gerbstoffhaltigen Zellen im Parenchym zwischen den Gefässbündeln und in den starkwändigen Zellen Idioblasten sind. Dieselben liegen auch hier vereinzelt und regelmässig im Gewebe verteilt. Die gerbstoffhaltigen, gewöhnlichen Parechymzellen sind in der Nähe der Epidermis zahlreicher als im Zentrum; bisweilen liegen hier mehrere Zellen neben einander, ein kurzes Band bildend. Die Parenchymzellen sind hier etwas kleiner als im Zentrum. Im Gefässbündel kommen die Idioblaste in den starkwändigen Zellen vor, welche vereinzelt liegen im sonst gerbstofffreien Gewebe und die Gerbstoffelementen im Phloëm, welche senkrechte, sehr schmale Bahnen bilden, welche die Siebgefässe begleiten (Siehe Abb. 37 an der rechten Seite). Je nachdem der Gefässbündel mehr an der Peripherie liegt, desto mehr Gerbstoffidioblaste enthält derselbe. Das ganze übrige Gewebe ist gerbstofffrei.

Ein Querschnitt des Hauptnerfs, wo derselbe ungefähr 2 mM. dick ist, zeigt die gerbstoffhaltigen Parenchymzellen hauptsächlich in der Nähe der Oberhaut, nämlich im Parenchym ausserhalb den äusseren Gefässbündelschicht. Am grössten ist die Zahl der Gerbstoffelementen in den Ecken. (In den unteren Teilen des Blattstieles sind die

Ecken dermassen mit starkwändigen Zellen versehen, dass für Parenchym kein Raum übrig blieb). Im Inneren des Hauptnerfs ist die Zahl Gerbstoffelementen weniger gross. In den Phloëmbündelchen kommen auch hier die kleinen Gerbstoffbahnen vor. Selten is das Vorkommen von Gerbstoffidioblasten in den starkwändigen Zellen.

Ein Querschnitt eines Blättchens zeigt, dass dasselbe aus einem gleichmässigen Parenchymgewebe besteht; in demselben befinden sich parallele Nerven. Im Blattparenchym liegen die gerbstoffhaltigen Zellen regelmässig, ungefähr mitten zwischen Ober- und Unter-Epidermis. Die Epidermis ist sowohl an der Unter- als an der Oberseite gerbstofffrei. Durch das ganze Blattparenchym findet man kleine Gruppen Bastfasern zerstreut.

Die Seitennerven sind von einer starken Schicht Bastfasern umgeben. Sie enthalten nur einige äusserst kleinen Gerbstoffelementen im Phloëm. Der Hauptnerf der Blättchen ragt an der Unterseite weit heraus. Der ganze herausragende Teil besteht aus starkwändigem Gewebe. Die Aussenschichten dieses Gewebes sind gerbstoffhaltig. Sehr stark ist die Gerbstoffreaktion im Parenchymgewebe, das diesen „Bastfaser"-bündel umgiebt und desto kräftiger, je nachdem die Zellen mehr in der Nähe liegen des Punktes der grössten Wölbung. Ausgenommen 1 oder 2 gerbstoffhaltigen Parenchymzellen kommt weiter im Hauptnerf kein Gerbstoff vor als in den Phloëmbündeln.

Zusammenfassung.

Selbstredend lassen sich aus diesen Resultaten bei nur vier Pflanzen erhalten, keine allgemein gültigen Regeln ableiten. Dennoch dürfen hier einige Bemerkungen gemacht werden, welche aus der Untersuchung hervorgingen.

In einer Hinsicht stimmten die untersuchten Pflanzen

überein, nämlich im Vorkommen von Gerbstoff in den Geleitzellen des Phloëms. Auch dieses kann noch dem Zufall zuzuschreiben sein; jedenfalls ist zu bedenken, dass in gerbstofffreien Pflanzen diese gerbstoffhaltigen Geleitzellen natürlich fehlen. Merkwürdig ist das Vorkommen des Gerbstoffs in den Schichten des Pflanzengewebes, welche durch ihre Stellung eine beschützende Funktion haben müssen. Bei jüngeren Stengelteilen ist dieses die Epidermis und angrenzende Schichten; bei älteren Stengel- und Wurzelteilen ist es das Korkgewebe. In Stengeln und Wurzeln kommt weiter noch eine zweite Gerbstoffgürtel vor, nämlich die Innenrinde. Der Gerbstoffreichtum bildet geradezu einen Unterschied zwischen dem Phloëm ausserhalb des Kambiums und dem zentralen Phloëm, die Kambiumzelle, welche auswächst zu einem Xylemelement oder zu einem Siebgefässe, ist gerbstofffrei. In den Markstrahlen sind die Kambiumzellen bisweilen gerbstoffhaltig. Die Markstrahlen sind immer gerbstoffhaltig, zu wissen die einzelligen. Die breiten Markstrahlen enthalten gewöhnlich nur Gerbstoff in den beiden seitlichen Zellreihen. Bei Ribes wurde der Eindruck bekommen, dass in den jüngsten Stadiën des Stengels die primären Gefässbündel umgeben sind von einer Gürtel, aus Gerbstoffzellen gebildet; eine Bestätigung dieses Vermutens lieferte die Struktur bei Rhododendron und Rosa. Geradezu glänzend entwickelt wurden diese Gürteln gefunden im Blattstiele der Rose, sowie auch im Fruchtstiele. Auch diese Anordnung erinnert an eine beschützende Funktion.

Ein bemerkenswertes Resultat dieser Untersuchung ist die Entdeckung der Gerbstoffbahnen im Marke und in der Aussenrinde der jungen Stengelteile. Bei Ribes und Rosa bestehen diese aus senkrechten Bahnen, zur Breite einer einzigen Zelle, welche im gerbstofffreien Grundgewebe liegen. In der besonders gerbstoffreichen Rhododendron bilden diese Bahnen senkrechte, gewölbte Platten, deren

Querschnitt einzellige Bänder zeigt. Bei Ribes wurde gefunden, dass die Gerbstoffbahnen im Marke auch Bedeutung haben für den Transport reduzirbarer Zucker. Auch wurde eine Zusammenhang nachgewiesen zwischen Gerbstoffbildung im Blatte und dem Lichte.

Schliesslich sei es erlaubt, hier noch einmal zu erinneren an die merkwürdige Struktur der Rinde in älteren Stamm- und Wurtelteilen bei Ribes (Siehe Abb. 11, 19 und 21).

Einen grossen Unterschied mit den drei dikotylen Pflanzen zeigt die Gerbstoffverteilung bei Kentia, der einzigen, untersuchten, monokotylen Pflanze. Hier kann nämlich keine Rede sein von Gerbstoffbahnen (ausgenommen in den Phloëmbündeln); der Gerbstoff kommt bei dieser Palme vor in Idioblasten. Zwei Typen dieser Idioblaste giebt es, nämlich die im extrafasciculären Parenchym und in den starkwändigen Zellen der äusseren Gefässbündelschicht. Dass eine vereinzelte Zelle Gerbstoff enthalten kann, weist die Möglichkeit nach, dass in dieser Pflanzenart Gerbstoff gebildet werden kann in einer chlorophyllfreien Zelle. Ein Transport nach dieser Zelle ist nämlich ausgeschlossen.

Zum Schlusse sei noch gewiesen auf die Anhaufung grosser Mengen Gerbstoff an Stellen, wo besondere Lebensäusserungen stattfinden; z. B. in einer Stengelspitze in vollem Wachstum, einer Knospe, der Stelle, wo ein Nebenast oder eine Nebenwurzel gebildet werden. Oft findet man hier auch eine grosse Menge Ca-oxalat.

ERKLÄRUNG DER ABBILDUNGEN.

Abb. 1. Ribes, Querschnitt Stengelspitze. Object. AA. Oc. IV. — Zahlreiche einzellige Haare ohne Gerbstoff. Ein gerbstoffhaltiges Drüsenhaar. Äussere Gerbstoffgürtel besteht aus ungefähr 3 Zellschichten. Zahlreiche gerbstoffhaltige Parenchymzellen in Aussenrinde und Mark. Innere Schicht der Aussenrinde (Stärkescheide) gerbstofffrei. Innenrinde zahlreiche radial angeordnete Gerbstoffzellen; dazwischen gerbstofffreies Phloëm. Kambium gerbstofffrei. In den noch jungen Xylemteilen nur die Markstrählchen gerbstoffhaltig. Fünf Gefässbündelchen haben eine Gerbstoffgürtel.

Abb. 2. Ribes, Teil der vorigen Abb., stärker vergrössert, Object D, Oc. IV. — Der Gefässbündel, welcher in Abb. 1 diametral gegenüber dem Drüsenhaar liegt. Diese Abbildung zeigt die Gerbstoffgürtel, das gerbstofffreie Kambium, Phloëm und Holz. Radiale Anordnung der Gerbstoffelementen im Holze und Phloëm. Gerbstofffrei ist auch die Stärkescheide.

Abb. 3. Ribes, Stengelquerschnitt in der Nähe des zweiten Blattes. Obj. AA. Oc. IV. — Drüsenhaare fehlen; einzellige Haare weniger zahlreich. Äussere Gerbstoffgürtel wie Abb. 1. Gerbstoffelementen in der Aussenrinde sind im Marke weniger zahlreich. An die Gerbstoffgürtel rund den primären Gefässbündeln erinnert die Anordnung der Gerbstoffzellen an der Markseite und der Rindenseite des Gefässbündels. In der Nähe des Kambiums ist die erste Anlage der Krystallgerbstoffgürtel entstanden.

Abb. 4. Ribes, Längsschnitt des Stengels in der Nähe

des zweiten Blattes. Obj. AA. Oc. IV. — Wenige einfache Haare. Die Gerbstoffzellen in der Aussenrinde zu senkrechten Bahnen zur Breite einer Zelle verbunden. Vorletzte Schicht der Aussenrinde enthält zahlreiche grosse Krystallkomplexe von Ca-oxalat, diese Schicht ist wie die angrenzende Stärkescheide gerbstofffrei. (Die Schicht nicht zu verwechselen mit der Krystall-Gerbstoff-Schicht in der Innenrinde, in dieser Abbildung nicht wahr zu nehmen). Die Innenrinde sieht hier wie ein gerbstoffreiches Band aus. Das Kambium enthält keinen Gerbstoff und das Holz nur wenig. In den ersten Schichten des Markes eine kräftige Gerbstoffreaktion. Im Marke sind weiter die Gerbstoffzellen zu senkrechten Bahnen verbunden. Im gerbstofffreien Teil zahlreiche Krystallcomplexe von Ca-oxalat.

Abb. 5. Ribes, Stengelquerschnit in der Nähe des 3ten Blattes, Obj. AA. Oc. IV. — Das Präparat zeigt die Aussenrinde mit einem Gefässbündelteil, das noch die Spuren einer Gerbstoffgürtel trägt. (Siehe Abb. 2). Die Schicht zwischen Aussen- und Innenrinde ist stark gerbstoffhaltig, sie bildet die Anlage des Korkgewebes. Die Krystall-Gerbstoff-Schicht in der Innenrinde ist gebildet. Umschlossen durch die Gerbstoffgürtel an der Markseite ein gerbstofffreies Phloëm. Zufälligerweise ist hier kein Mark in der Photographie zu sehen.

Abb. 6. Ribes. Querschnitt Stengel (6tes Blatt.). Object. AA. Oc. IV. — Wenige einzellige Haare. Die äussere Gerbstoffschicht ist stark in Bedeutung zurückgegangen. Zwischen Aussen- und Innenrinde ist Kork gebildet; die äusseren Schichten sind gerbstofffrei, die inneren gerbstoffhaltig. Die äusseren Schichten der Innenrinde sind kollenchymatisch. Radiale Anordnung der Gerbstoffelementen in diesem Gewebe stellenweise noch wieder zu erkennen. Gerbstoff-Krystall-Schicht in der Nähe des Kambiums. Alle Markstrahlen eine Zelle breit. Die Zahl Gerbstoffelementen kleiner als in der Spitze; bis in den ältesten

Wurzel- und Stengelteilen bleibt diese Zahl nun konstant.

Abb. 7. Ribes, Längsschnitt in der Mitte des einjährigen Zweiges. Obj. AA. Oc. IV. Diese Abbildung zeigt die Aussenrinde. Wenige einzelligen Haare vorhanden. Besonders gut ausgebildet die Gerbstoffbahnen mit gefässartiger Anordnung der Zellen. Die zwei inneren Schichten der Aussenrinde (vorletzte mit Ca-oxalat und die letzte, die Stärkescheide) gerbstofffrei. Die Innenrinde is ganz dunkel gefärbt in der Abbildung.

Abb. 8. Ribes, dasselbe Präparat wie No. 7, mit Holz und Mark. Obj. AA. Ocul. IV. — In der Innenrinde ist wahrzunehmen, dass die Geleitzellen gerbstoffhaltig sind, die Siebgefässe nicht. In der Nähe des Kambiums die Krystall-Gerbstoffschicht. Im Kambium gar keine Reaktion; im Holze geringe Reaktion. In der inneren Schichten des Markes und in den Gerbstoffbahnen kräftige Reaktion.

Abb. 9. Ribes. Querschnitt durch den basalen Teil des einjährigen Astes. Object. AA. Oc. IV. — Die Aussenrinde ist gänzlich zerschrumpft und teilweise auch verschwunden. Darunter hat sich eine starke Korkschicht gebildet. Die äussere Hälfte dieser Schicht enthält keinen Gerbstoff, während die inneren Schichten eine besonders kräftige Reaktion zeigen. In der Innenrinde das Phloëm gerbstofffrei; die Parenchymzellen gerbstoffhaltig Krystall-Gerbstoff-Schicht nun fertig gebildet; nur bilden die begleitenden, gerbstoffhaltigen Paremchymzellen noch nicht die angeschlossenen Gürteln wie z. B. in Abb. 10. Neben den einzelligen Markstrahlen sind auch mehrzelligen gebildet. Diese sind entstanden an einer Stelle, wo früher die Gerbstoffgürtel um den primären Gefässbündel verlief. Zwischen zwei mehrzelligen Markstrahlen findet man an der Markseite ein Phloëmbündel, teilweise noch umschlossen durch eine Schicht gerbstoffhaltiger Parenchymzellen.

Abb. 10. Ribes, mehrjäriger Stengel, Querschnitt Obj. AA. Oc. IV. — Aussenrinde abgestossen. An der Aussen-

seite des gerbstofffreien Teiles der Korkschicht tote Geweberesten. Gerbstofffreier und gerbstoffhaltiger Teil des Korkgewebes. Unter demselben Kollenchym der Innenrinde mit zerstreuten Gerbstoffelementen. Nun folgen 5 konzentrische Schichten Krystall-Gerbstoff. Senkrecht auf diesen Oxalat-Gerbstoffschichten stehen die gerbstoffhaltigen Fortsetzungen den Markstrahlen. Die weissen Stellen dazwischen bestehen aus gerbstofffreiem Phloëm. Kambium gerbstofffrei, selbst in den meisten Markstrahlen. Diese sind zum grössten Teil nur eine Zelle breit und gerbstoffhaltig. Die breiten Markstrahlen enthalten nur in den seitlichen Zellreihen Gerbstoff. Xylem gerbstofffrei.

Abb. 11. Ribes, mehrjähriger Stengel, tangential Obj. AA. Oc. IV. — Ein Rindenteil mit drei Oxalat-gürteln, dazwischen gerbstofffreies Phloëm. Im Kambium keine Reaktion. Im Holze Unterschied zwischen einzelligen und mehrzelligen Markstrahlen. Die einzelligen gänzlich gerbstoffhaltig, die breiten nur in den peripherischen Zellen. Die Zeichnung im Holze beëinflusst von den breiten Markstrahlen.

Abb. 12. Ribes, mehrjähriger Stengel, radial. Obj. AA. Ocul. IV. — Auf dem gerbstofffreien Teile des Korkes tote Geweberesten. Gerbstofffreier und gerbstoffhaltiger Teil der Korkschicht mit radialer Anordnung der Zellen. Unter dem Korke ein einigermassen unregelmässiges, gerbstoffhaltiges Parenchym. Fünf Oxalat-Gerbstoff-Gürtel. Zwischen diesen Gürteln Phloëm (gerbstofffrei). Die einzelligen Markstrahlen finden bisweilen eine Fortsetzung in der Rinde (nämlich zwischen zwei breiten Markstrahlen). Von den breiten Markstrahlen ein charakteristisches Bild. Die kräftigsten wurde dermassen getroffen, dass ein gerbstoffhaltiger Teil im Präparate erschien. Zu beiden Seiten gerbstofffreies, stärkehaltiges Markstrahlgewebe. Fortsetzung der Markstrahl in der Rinde ein stark gerbstoffhaltiges Gewebe; der gerbstofffreie Teil des Korkes zum

Teile abgestossen; der gerbstoffhaltige Teil aufwärts gebogen, Im Rindengewebe kommen hier zahlreiche grosse Krystallkomplexe von Ca-oxalat vor. Das ganze Holzgewebe (ausgenommen die Gefässe) enthält Stärke.

Abb. 13. Ribes, Blatt, Hauptnerv. Obj. AA. Oc. IV. — Das Blattparenchym ist ganz gerbstoffhaltig mit Ausnahme der zahlreichen Ca-oxalathaltigen Zellen. Vom Hauptnerve ist ein kleiner Teil der Peripherie nicht im Präparat zu sehen. Peripherische Gerbstoffgürtel um dem Hauptnerve: das grosszellige Parenchym ist gerbstofffrei. Der Gefässbündel so gut wie ganz umgeben durch eine Gerbstoffgürtel, Xylem zwischen zwei Phloëmbündeln. Im äusseren (unteren) Phloëmbündel grosse, gerbstoffhaltige Parenchymzellen in einem besonders kleinzelligen Phloëm. Im Xylem nur die Markstrählchen gerbstoffhaltig. Phloëm an der Oberseite beinahe gerbstofffrei.

Abb. 14. Ribes, Fruchtstiel. Obj. AA. Oc. IV. — Die Zeichnung erinnert einigermassen an die Stengelspitze; nur ist die Zahl Gerbstoffzellen in der Aussenrinde und im Marke weniger gross. Der Gefässbündel ist umgeben durch eine Schicht starkwändiger Zellen. Dieselbe umfasst eine breite Phloëmschicht und weiter einen äusserst zarten Xylembündel. Die Anordnung der Gerbstoffelementen im Gefässbündel ist eine radiale. Merkwürdig ist auch für diesem wichtigen Pflanzenteil die äussere Gerbstoffgürtel.

Abb. 15. Ribes, Querschnitt der Wurzel (ungefähr 2 mM. dick) Obj. AA. Oc. IV. — Keine Aussenrinde. Gerbstofffreies und gerbstoffhaltiges Korkgewebe. Innenrinde sehr gerbstoffreich. Zwei Oxalatgürteln. Fortsetzung der Markstrahlen in der Rinde. Kambium und Phloëm gerbstofffrei. Kein Mark. Markstrahlen zum grössten Teil eine Zelle breit. Eine der kurzen Markstrahlen mehrere Zellen breit, hier nur in den seitlichen Zellreihen Gerbstoff. Alle Elementen im Gefässbündel stärkehaltig (ausgenommen die Gefässe).

Abb. 16. Ribes, Nebenwurzel Obj. AA. Oc. IV. — Die Nebenwurzel ist der Länge nach getroffen; die andre Wurzel quer. Aufmerkenswert ist die kräftige Gerbstoffreaktion, welche hier in den Geweben wahr zu nehmen ist. Das Gewebe der Nebenwurzel fängt an gerade im Zentrum der andren Wurzel.

Abb. 17. Ribes. Querschnitt Wurzel (ungefähr 3 mM. dick) Obj. AA. Oc. IV. — Gerbstofffreies und gerbstoffhaltiges Korkgewebe. In der Innenrinde drei Oxalatgürteln mit begleitenden Gerbstoffzellen. Innerhalb der inneren Gürtel funktionnierendes Phloëm und Kambium. Fortsetzung der Markstrahlen in der Rinde durch gerbstoffhaltige Zellreihen. Im Holze einzellige und breite Markstrahlen. In den breiten nur die seitlichen Zellreihen gerbstoffhaltig. Alle Holzparenchymzellen und Markstrahlzellen prall mit Stärke gefüllt.

Abb. 18. Ribes, Wurzel 5 mM. dick, tangential. Obj. AA. Oc. IV. — Rindengewebe zu beiden Seiten. Die Oxalat-Gerbstoff-Schichten tangential getroffen und daher ein wenig breiter (als in Radialschnitten). Im Holze getüpfelte Gefässe. Holzfaser und einzellige und mehrzellige Markstrahlen.

Abb. 19. Ribes, Wurzel $1\frac{1}{4}$ cM. dick, quer. Obj. AA. Oc. IV. — Unter dem Korke 8 Krystalschichten und dazwischen gerbstofffreies Phloëm. In der Nähe der letzten Schicht ist das Phloëm funktionnierend; das andre ist nicht mehr in Funktion und zusammengefallen. Fortsetzung der Markstrahlen in der Rinde verschiedener Grösse; zwei breiten Markstrahlen finden auch eine breite Fortsetzung; eine starke, einzellige Markstrahl hat auch eine schwere Gerbstoff-Fortsetzung in der Rinde. Von den weniger kräftigen Markstrahlen ist die Fortsetzung auch schmaler. Kambium gerbstofffrei. Eine breite Markstrahl nur gerbstoffhaltig in den seitlichen und in einer mittleren Reihe.

Abb. 20. Ribes, Wurzel $1\frac{1}{4}$ c.M. dick, tangential. Obj.

AA. Oc. IV. — Zum grössten Teil einzellige Markstrahlen; breite Markstrahlen von bedeutender Höhe; grosse Holzgefässe. Rechts in der Abbildung liegt ein kleiner Teil einer Krystallfaser (ein wenig über die Mitte); dieser Teil ist vergrössert wiedergegeben in Abb. 21.

Abb. 21. Ribes, Krystallkammerfaser aus Ribeswurzel $1\frac{1}{4}$ c.M. dick. tangentiales Präparat Obj. F. Oc. IV. — Eine Krystallfaser mit den kleinen Krystallkomplexen zwischen zwei gerbstoffhaltigen Parenchymzellreihen. Im linken Teil eine leere Faser, welche schön die zarte Struktur zeigt.

Abb. 22. Ribes, Wurzel $1\frac{1}{4}$ c.M. dick, radial. Obj. AA. Oc. IV. — Gerbstofffreies und gerbstoffhaltiges Kork. Unter dem Korke ein gerbstoffreiches Parenchym. Dann folgen die Oxalatgürteln mit den Phloëmbändern dazwischen. An zwei Stellen ist das Präparat zerrissen in den Oxalatschichten. Zu beiden Seiten ist die Oxalatschicht von gerbstoffhaltigen Zellen begleitet. Hie und da zwischen den Gürteln die gerbstoffhaltigen Zellen der einzelligen Markstrahlen. Weiter noch Holzgefässe und Holzfaser.

Abb. 23. Ribes, Hauptwurzel quer durch den Gefässbündel, Markseite. Obj. Act. Ocul. IV. — Dieses Präparat zeigt den Unterschied zwischen der Hauptwurzel und allen andren Wurzeln des Ribes-Strauches, nämlich die Anwesenheit von Mark. Die Abschliessung des Gefässbündels nach der Markseite wie bei den betreffenden Stengelteilen. Die Gerbstoffelementen liegen zerstreut im Marke. (In Längsschnitten sieht man, dass dieselben auch hier zu senkrechten Gerbstoffbahnen verbunden sind.)

Abb. 25. Ribes; Ast wovon ein Blatt mit Stanniol bedeckt wurde während 24 Stunden; alsdann wurde der Ast in 5 Proz. Kaliumbichromat-Lösung gestellt. Das bedeckte Blatt (das obere der zwei linken Blätter) giebt weniger kräftige Gerbstoffreaktion.

Abb. 26. Ribes. Ast, wovon die zwei unteren Blätter

mit Gelatinpapier bedeckt wurden; die beiden mittleren mit Stanniol während das höchste Blatt frei blieb. Vom rechten Stanniol-Blatte war die Stanniolbedeckung an der Unterseite ein wenig auseinander gewichen; daher die kräftigere Gerbstoffreaktion in der Unterseite dieses Blattes.

Abb. 27. Rhododendron, einjähriger Zweig, Querschnitt in der Nähe der Spitze. Obj. AA. Oc. IV. — Keine Haare. Aeussere Gerbstoffgürtel besteht aus Epidermis und vier Schichten Parenchym; die Gerbstoffreaktion ist hier besonders kräftig. In der breiten Aussenrinde radial gestellte Gerbstoffreihen, nur eine Zelle breit. Dazwischen gerbstofffreies, dünnwandiges Gewebe; mit Ca-oxalat-Krystallen. Die innere Schicht dieses Gewebes ist ein Bastfaserschicht welche an mehreren Stellen von den Gerbstoffstreifen durchbrochen wird. Die schmale Innenrinde enthält soviele Gerbstoffelementen, dass dieselbe in der Abbildung dunkel erscheint. Dennoch ist das Phloëm sensu strictu gerbstofffrei, während die Fortsetzung der Markstrählchen gerbstoffhaltig ist. Das Holz enthält keinen Gerbstoff, die Markstrahlen wohl. Die meisten Markstrahlen eine Zelle breit; in den mehrzelligen die seitliche Reihen gerbstoffhaltig. Ein Gefässbündelteil zeigt noch die Spuren einer Gerbstoffgürtel, nämlich zwischen den beiden breiten Markstrahlen. An der Markseite des Gefässbündels ein kleinzelliges Gewebe. Im Marke sind die Gerbstoffelementen zu dicken Bündeln verbunden.

Abb. 28. Rhododendron, Stengel, Längsschnitt an der Stelle des Präparaten 27. Obj. AA. Oc. IV. — Zur linken Seite ein Teil der Aussenrinde, in welcher das dünnwändige, gerbstofffreie Gewebe mit Ca-oxalat und zwei Reihen eines Gerbstoffstreifens. Dann eine einzige Bastfaser, in der Photografie noch gerade wieder zu erkennen. Dann die Innenrinde, welche als ein dunkles Band in der Abbildung zu sehen ist. Im Holze zahlreiche gerbstoffhaltige Markstrahlzellen. Der innere Teil des Gefässbündels be-

steht aus sehr schmalen, länglichen Zellen. Im Marke ist das Gewebe hauptsächlich gerbstoffhaltig. Die dünnwändigen, gerbstofffreien Zellen bilden hier senkrechte Komplexe, wie eine in der rechten Seite der Abbildung zu sehen ist.

Abb. 29. Rhododendron, Blattstiel, quer. Obj. AA. Oc. IV. — In der Mitte die grösste Hälfte des Gefässbündels; an der linken Seite ein kleiner Gefässbündel. Dazwischen das Parenchymgewebe mit gerbstoffhaltigen Zellreihen zur Breite einer Zelle. Um den Gefässbundel die Stärkescheide, hier die einzige stärkehaltige Schicht. Innerhalb der Stärkescheide eine schmale Schicht von zerstreuten Bastfasern. Dann die Innenrinde, welche im Allgemeinen gerbstoffreich ist; dennoch enthält sie zahlreiche gerbstofffreie Elementen. In den nierförmigen Gefässbündel sind nur die Markstrahlen gerbstoffhaltig.

Abb. 30. Rhododendron. Blattstiel. Längsschnitt. Obj. AA. Oc. IV. — Epidermis und angrenzende Schichten gerbstoffhaltig. Zwischen Epidermis und Gefässbündel das Rindenparenchym, in welchem einige Gerbstoffplatten vorkommen. Die zwei Platten zur linken Seite sind ziemlich wohl senkrecht durchschnitten; die rechts oben mehr tangential. Daher zeigt die letztere eine Platte gerbstoffhaltiger kleinere Zellen.

Abb. 31. Rhododendron, Blatt, Hauptnerv, quer, Obj. AA. Oc. IV. — An der Oberseite die Oberepidermis und darunter eine mächtige Gerbstoffschicht. Rechts ein Teil der Unter-Epidermis. Die Gerbstoffreihen sind radial angeordnet, sind eine Zelle breit und bestehen aus ungefähr runden Zellen. Um den Gefässbündel eine dicke Bastfaserschicht, unterbrochen durch die Gerbstoffreihen. Dann das Phloëm mit zahlreichen, gerbstoffhaltigen Zellchen. Xylem mit gerbstoffhaltigen Markstrahlen. Im Gefässbündel noch ein wenig Parenchym.

Abb. 32. Rose, einjähriger Ast, quer zwischen dem

6ten und 7ten Blatte. Obj. AA. Oc. IV. — Rinde, Gefässbündel, Mark. Die Rinde enthält zahlreiche, gerbstoffhaltige Zellen. Der Bastfaser-bündel bildet einen Ring weisser Stellen in der Innenseite der Rinde. Die Bastfaserschicht umschliesst das Phloëm. Dann das Xylem mit zwei Markstrahltypen, gewöhlich ezur Breite einer einzigen Zelle und breite von 6 und mehr Zellen breit. Die letzteren enthalten nur Gerbstoff in der seitlichen Reihen. Das Mark besteht aus kleinen gerbstoffhaltigen und grosse gerbstoffreie Zellen.

Abb. 33. Rose, einjähriger Zweig, Längsschnitt zwischen dem 6ten und 7ten Blatte. Obj. AA. Oc. IV. — Zur linken Seite ein Teil des Gefässbündels (dunkel); dann folgt das Mark mit dem gerbstofffreien Gewebe aus grossen, getüpfelten Zellen. Dazwischen die anastomosierenden Gerbstoffbahnen, aus kleineren Zellen gebildet.

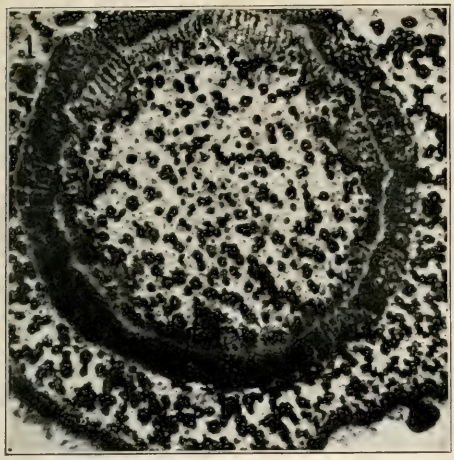
Abb. 34. Rose, Fruchtstiel, quer. Obj. AA. Oc. IV. — Der äussere Teil des Gefässbündels ganz gerbstoffhaltig. Im Rindenteil darunter Gerbstoffreihen. Der Gefässbündelring besteht aus selbstständigen Gefässbündeln, ein jeder durch eine Gerbstoffgürtel umgeben. Ausserhalb der Gefässbündelchen die gerbstofffreie Stärkescheide. Jedes Gefässbündelchen hat an der Aussenseite einen kräftigen Bastfaserbündel, darunter Phloëm, Kambium, Xylem mit gerbstoffhaltigen Markstrählchen und an der Markseite ein gerbstofffreies Phloëmbündelchen. Im Marke sind alle Zellen derselben Form und Grösse. Die gerbstoffhaltigen bilden ein Netz von einzelligen Reihen.

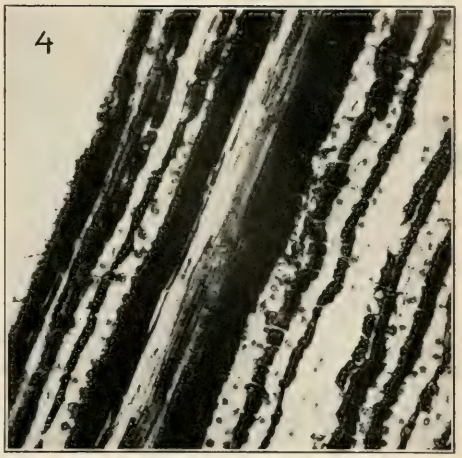
Abb. 35. Rose, geflügelter Blattstiel, quer. Obj. AA. Oc. IV. — Ober-Epidermis stark gerbstoffhaltig, auch das Kollenchym untermittelbar unter derselben. Im Parenchym weiter nur wenige Gerbstoffelementen und einige Caoxalat Krystalle. Die Gerbstoffgürtel um den Gefässbündeln besonders deutlich ausgebildet. Von oben nach unten sieht man im Gefässbündel kleinzelliges Gerbstoffgewebe, Xylem

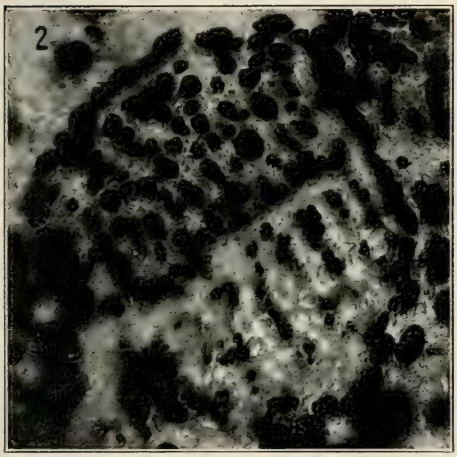
mit gerbstoffhaltigen Markstrahlen; Kambium und Bastfaserbündel.

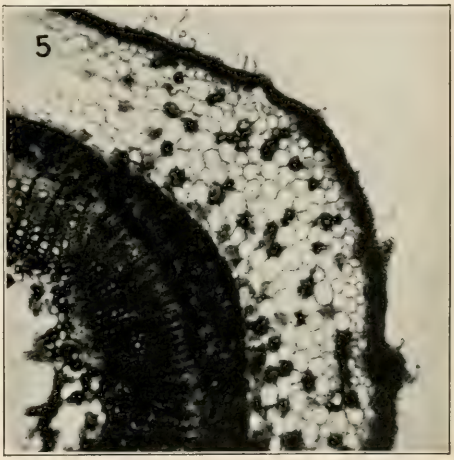
Abb. 36. Kentia, Blattstiel, Unterseite, quer. Obj. AA. Oc. IV. — Gefässbündel und Parenchym zwischen den Gefässbündeln. Im Parenchym Gerbstoffidioblasten; die meisten in der Umgebung der Gefässbündel, obwohl die Stärkescheide gewöhnlich frei bleibt. Zwei dicken Bündel starkwändiger Zellen, in welchen nur ein Gerbstoffidioblast anwesend ist. Zwei kleinen Phloëmbundel mit wenige sehr kleinen Gerbstoffelementen an der Peripherie eines jeden Bündelchen.

Abb. 37. Kentia, Blattstiel, Längsschnitt Unterseite. Obj. AA. Oc. IV. — Zur linken Seite ein Teil des Gefässbündels aus den äusseren Gefässbündelring. Im starkwändigen Gewebe ein einziger Gerbstoffidioblast. Im Gefässbündel zur rechten Seite ein schmaler Streifen dickwandiges Gewebe und daneben ganz am Rande der Abbildung ein Phloëmbündel mit zwei Reihen Gerbstoffelementen, welche ziemlich wohl ein angeschlossene Reihe bilden. Zwischen den Gefässbündeln stärkehaltiges Parenchym mit Gerbstoffidioblasten.

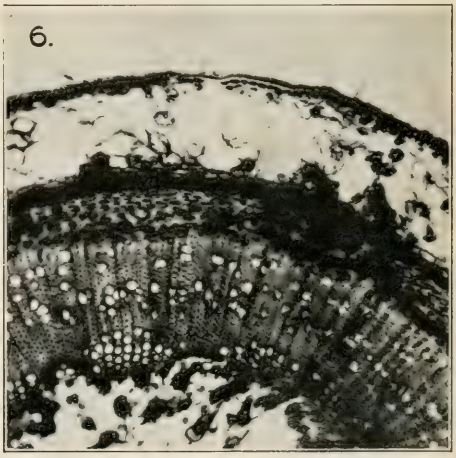

1

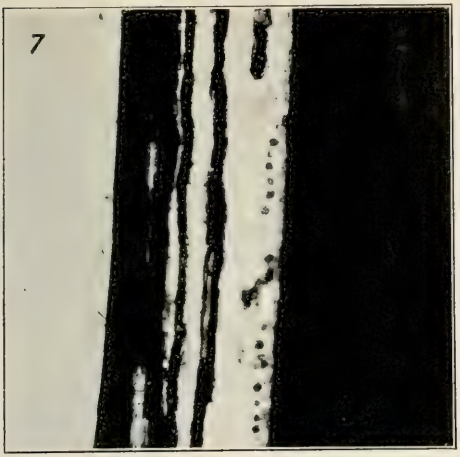

4

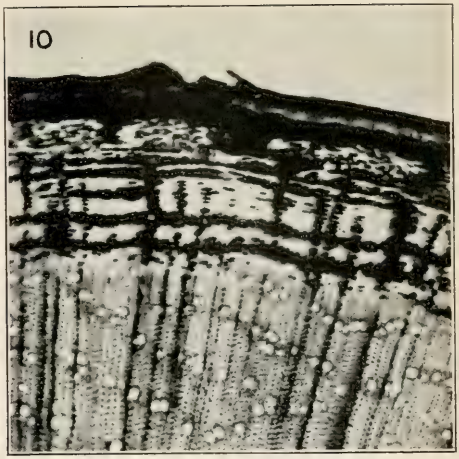

2

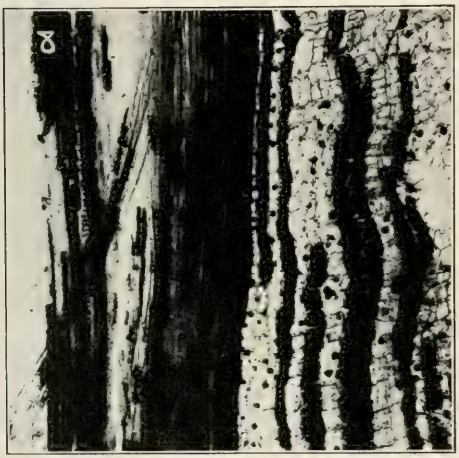

5

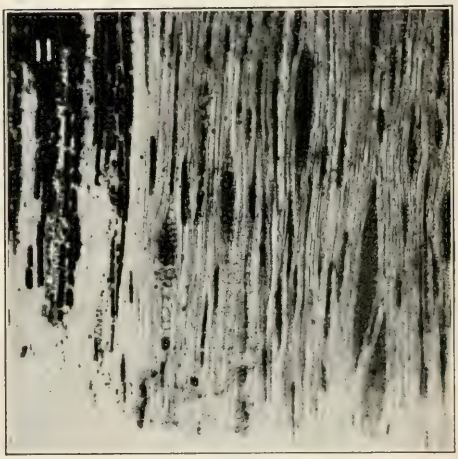
3

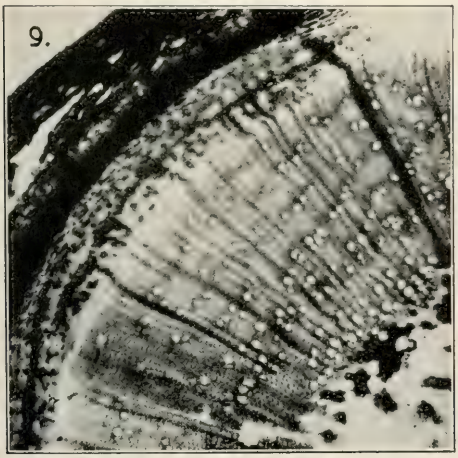

6.

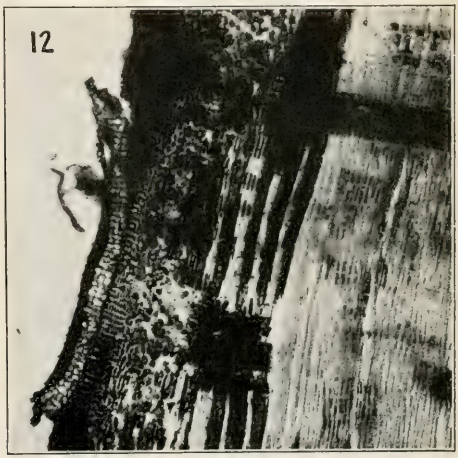

7

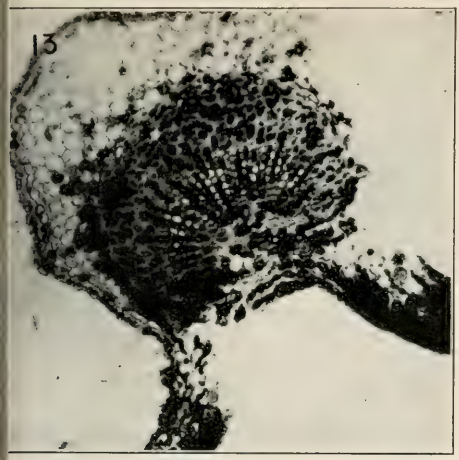

10


8


11

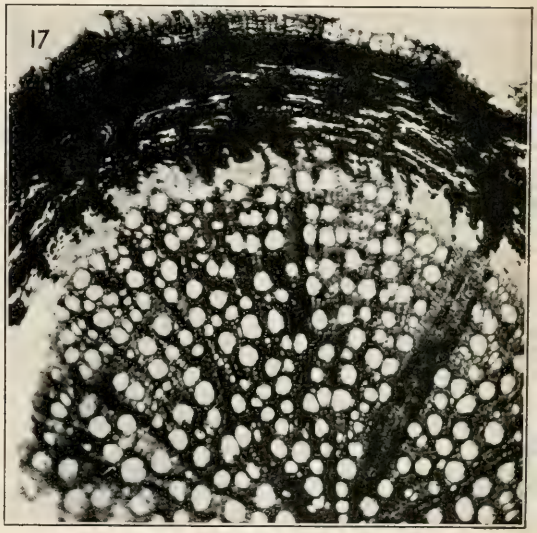

9.

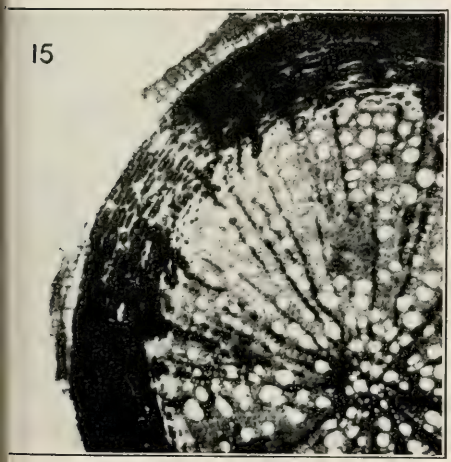

12


13

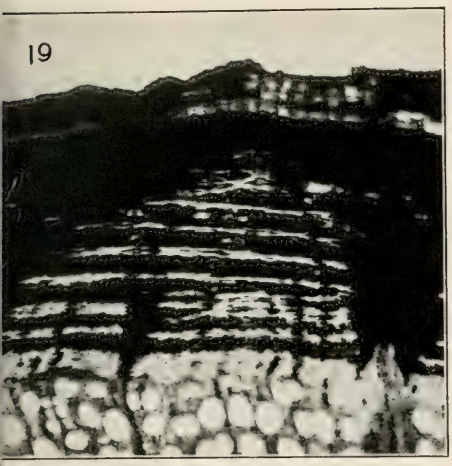
16

14

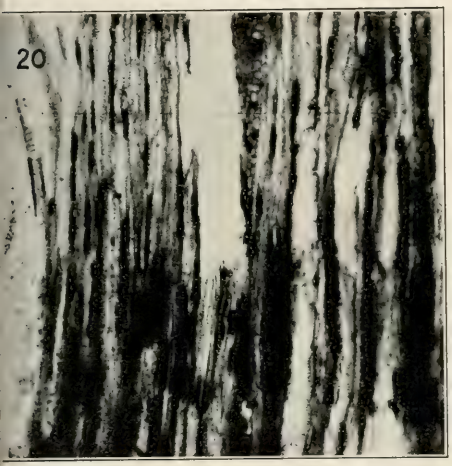

17

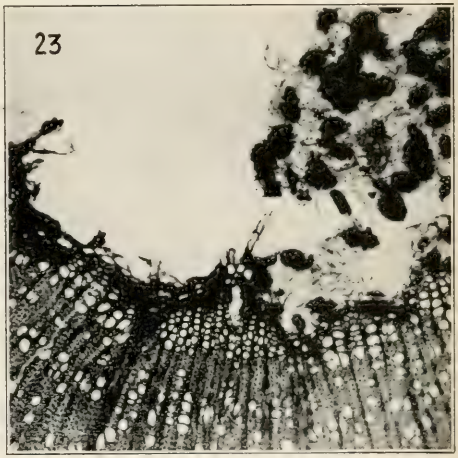

15

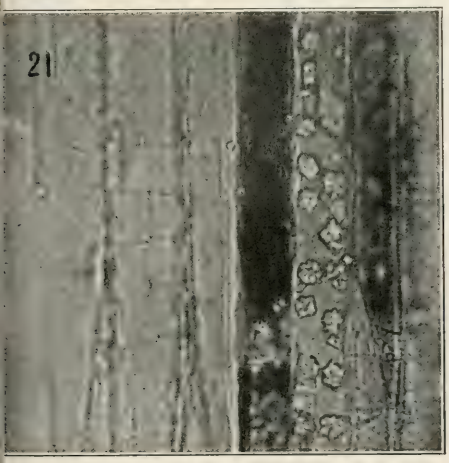
18

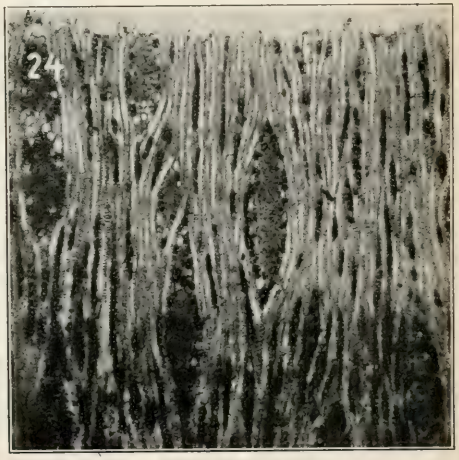

19

22


20

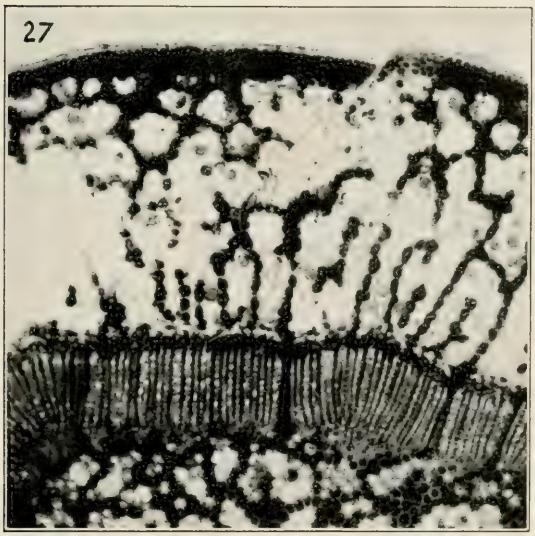

23


21

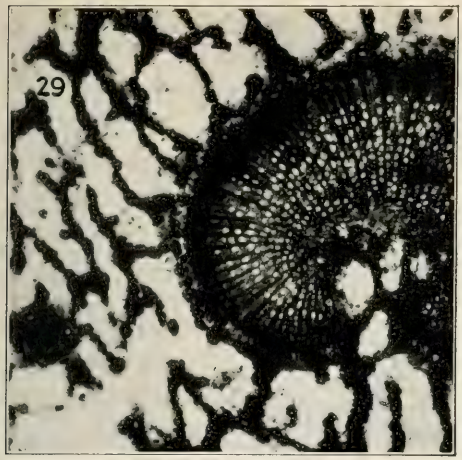

24

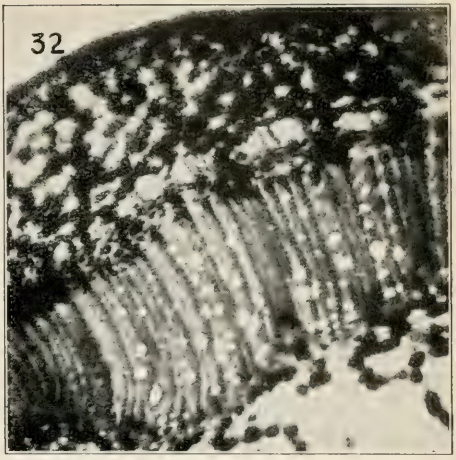
25

26

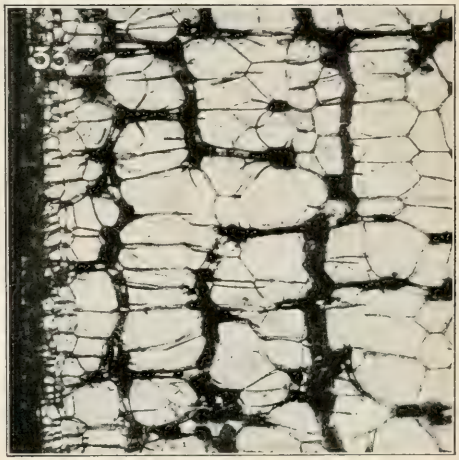

27

28


29


32

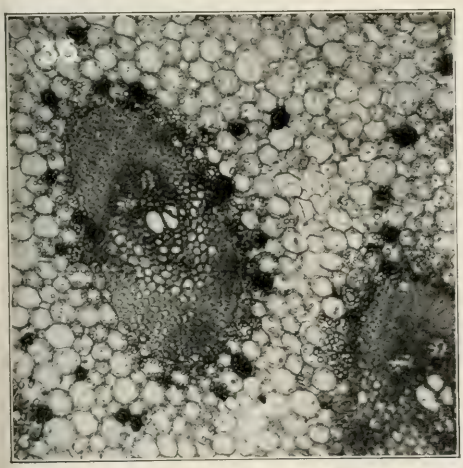
30

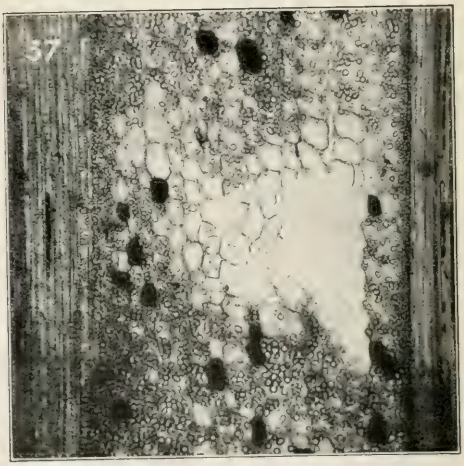

33

31

34

35


36


37

SOMMAIRE.

J. Dekker. Ueber die physiologische Bedeutung des Gerbstoffs. Mit Tab. I—VIII. 1

Recueil

des

Travaux Botaniques Néerlandais,

publié par la

Société Botanique Néerlandaise,

sous la rédaction de M. M.

M. W. Beyerinck, H. Heukels, J. W. Moll,
Ed. Verschaffelt, Hugo de Vries et
F. A. F. C. Went.

Volume XIV. Livraison 2.

Nachdruck und Uebersetzung verboten.
Overneming van eenig artikel uit dit tijdschrift is verboden,
overeenkomstig art. 15 en 16 van de auteurswet 1912.

M. de Waal. — 1917. — Groningue.

RECUEIL

DES

TRAVAUX BOTANIQUES NÉERLANDAIS.

Recueil

des

Travaux Botaniques Néerlandais,

publié par la

Société Botanique Néerlandaise,

sous la rédaction de M. M.

M. W. Beyerinck, H. Heukels, J. W. Moll,
Ed. Verschaffelt, Hugo de Vries et
F. A. F. C. Went.

Volume XIV. Livraison 2.

Nachdruck und Uebersetzung verboten.
Overneming van eenig artikel uit dit tijdschrift is verboden,
overeenkomstig art. 15 en 16 van de auteurswet 1912.

M. de Waal. — 1917. — Groningue.

SOMMAIRE.

Theo J. Stomps. Blattbecher und Sprossbecher. Mit Tab. IX und X und 7 Textfig. 61

Marie S. de Vries. Über die Ursache des Auswachsens des Hypokotyls bei Keimlingen von Avena sativa 109

Blattbecher und Sprossbecher

von

THEO J. STOMPS.

Mit Tafel IX und X und 7 Abbildungen im Text.

I. Einleitung.

Die meisten Botaniker betrachten die teratologischen Erscheinungen als sehr wichtig für Morphologie und Erblichkeitslehre. Ganz besonders trifft dies wohl zu für das Auftreten der sogenannten Ascidien oder Becher, die den Gegenstand der Besprechung in diesem Aufsatz abgeben werden. Ich kann nicht unterlassen, zur Einleitung mit einigen Worten die Bedeutung der Ascidienbildung für die genannten Disziplinen zu schildern, werde mich dann aber ausschliesslich mit einer Klassifizierung der Ascidien weiter beschäftigen.

Ihre Bedeutung für die Morphologie entlehnen die Ascidien daran, dass sie zu den sogenannten taxinomischen Anomalien gehören. Darunter versteht man mit Cas. de Candolle[1]) solche Anomalien, die bei anderen Arten als Artmerkmale vorkommen. Manchmal ist es nicht leicht, zu entscheiden, ob eine Abweichung zu den taxinomischen oder zu den ataxinomischen Anomalien gehört. Man könnte sogar in Zweifel ziehen, ob de Candolle mit seiner

---

[1]) Cas. de Candolle, Remarques sur la Tératologie végétale, 1896, S. 5—6.

ganzen Einteilung recht gehabt hat und die Annahme liesse sich verteidigen, dass jede spontane Bildungsabweichung morphologischen und somit systematischen Wert hat. Was indessen unsere Ascidien anbetrifft, so kann man mittels einer Reihe von Beispielen leicht zeigen, dass sie wirklich taxinomische Anomalien sind.

Die Ascidien, welche gelegentlich von *Geranium* und *Pelargonium* hervorgebracht werden, sehen, wie oft auch die Becher von *Tilia parvifolia*, den peltaten Blättern durchaus ähnlich, wie sie bei *Tropaeolum*, *Hydrocotyle*, *Eucalyptus* und *Umbilicus* regelmäszig vorkommen [1]). Durchwachsene Blätter, wie sie z. B. für *Bupleurum*-Arten charakteristisch sind, werden von anderen Arten, so von *Polygonatum multiflorum* bisweilen als Anomalie erzeugt [2]). Ascidien, die bei *Plantago lanceolata* [3]) zur Beobachtung gelangten, ebenso in Becher umgewandelte Hochblätter, die Goebel unterhalb der Blüten der Kaktee *Phyllocactus crenatus* fand [4]), erinnerten an die Schlauchblätter von *Sarracenia*. Die merkwürdig gestalteten Blätter der sogenannten *Interruptum*- und *Appendiculatum*-Varietäten von *Croton (Codiaeum)*, abnormale Blätter, wie Costerus und Smith [5]) sie für *Plumeria acutifolia* beschrieben, u. s. w., sind direkt mit den bekannten Blatt-Kannen der Gattung *Nepenthes* vergleichbar [6]). Für *Dipsacus*, *Eryngium* und *Lonicera* endlich ist Artmerkmal eine basale Verwachsung gegenständiger Blätter, infolge

---

[1]) Hugo de Vries, Die Mutationstheorie, Bd. I, 1901, S. 338.

[2]) Puel et Saint-Pierre, Bull. Soc. Bot. Fr., I, 1854, S. 62—63.

[3]) Hugo de Vries, Species and Varieties, Their origin by mutation, 1905, S. 671.

[4]) K. Goebel, Organographie der Pflanzen, Bd. I, 2e Aufl. 1913, S. 24.

[5]) J. C. Costerus, Teratology studied in the Tropics by J. C. Costerus and J. J. Smith Jr., Ann. du Jard. bot. de Buit., Bd. XIII, 1895, S. 97—119.

[6]) Hugo de Vries, Species and Varieties, S. 673.

deren vom Stengel durchbohrte Becher gebildet werden, und bei anderen Arten tritt dieselbe Erscheinung als Anomalie auf [1]). Ich erinnere an die sogenannten mehrblättrigen terminalen Ascidien, von denen man mehrere Beispiele kennt, und an die bisweilen in Aussaaten von syncotylen Rassen auftretenden Fälle von Amphisyncotylie, wobei die Cotylen nicht seitlich vom Vegetationspunkt, wie bei den gewöhnlichen Syncotylen, sondern um den Vegetationspunkt herum mit einander verwachsen, von de Vries [2]) u. a. beobachtet bei einer von ihm durch Selektion erzeugten syncotylen Rasse von *Helianthus annuus*, dann u. a. bei *Oenothera glauca*, *Centranthus macrosiphon*, *Mercurialis annua*, u. s. w.

Die angeführten Beispiele genügen, um zu zeigen, dass das Auftreten der Ascidien im höchsten Grade das Interesse der Morphologen verdient. Diese Erkenntnis allein beweist schon, dass es auch für die Erblichkeitslehre von Wichtigkeit sein musz. In der Tat hat sich aus Beobachtungen von de Vries [3]) in überzeugender Weise ergeben, dass man die Ascidien, welche gelegentlich von den verschiedensten Pflanzenarten hervorgebracht werden, nicht nur als blosz vom Spiel des Zufalls abhängige Miszbildungen betrachten darf. Manche Arten produzieren sie nie, andere dagegen mit auffallender Regelmäszigkeit, und ein derartiger Unterschied existiert zuweilen sogar zwischen den verschiedenen Rassen einer selben Art, wie aus den Mitteilungen von de Vries [4]) über die Ascidien von *Magnolia obovata (purpurea)* hervorgeht. Somit müssen dem Auftreten von Ascidien ganz bestimmte innere erbliche Anlagen der Pflanzen zugrunde liegen.

[1]) Hugo de Vries, ibidem, S. 674.

[2]) Hugo de Vries, Die Mutationstheorie, Bd. II, 1903, S. 321.

[3]) Hugo de Vries, Over de erfelijkheid van synfisen, Bot. Jaarb., VII, 1895.

[4]) Hugo de Vries, Bot. Jaarb., VII, 1895, S. 162.

Die Frage bietet sich dar, wie man sich genau den Unterschied zwischen einer gelegentlich Ascidien hervorbringenden und einer die Anomalie nicht zeigenden Rasse denken soll. De Vries sagt auf Seite 422 Bd. I der Mutationstheorie: „Eine Varietät, welche an solchen Bildungen eben so reich wäre, wie z. B. *Trifolium pratense quinquefolium* an vier- und fünfscheibigen Blättern, hat man nicht, obgleich sie offenbar Aufsehen erregen und also die Mühe des Zuchtversuches gewiss lohnen würde". Damit gibt er wohl als seine Meinung zu erkennen, dass die bis zum Erscheinen seines Buches bekannt gewordenen Fälle gelegentlicher Ascidienbildung sich auf Halbrassen bezogen. Demnach wäre in einer becherbildenden Rasse eine Eigenschaft für Becherbildung in einem solchen Zustande anwesend — de Vries spricht hier von Semilatenz — dass nur ganz selten ein Becher in die Erscheinung tritt. In einer die Anomalie nicht zeigenden Rasse kann diese Eigenschaft dann natürlich fehlen, sie könnte aber auch latent anwesend sein. De Vries äussert sich zugunsten der zuletztgenannten Möglichkeit. „Trotz der Seltenheit der Ascidien spricht das wiederholte und in den einzelnen Familien sehr zerstreute Vorkommen dennoch deutlich für latente Erblichkeit", sagt er auf Seite 349 Bd. I der Mutationstheorie. Andererseits wäre zu bemerken, dass das Auftreten von Ascidien manchmal sosehr den Eindruck progressiver Entwickelung macht, — man denke an das Zustandekommen solch komplizierter Gebilde, wie die Kannenblätter der *Nepenthes*-Arten — dass man die Notwendigkeit, hier immer an degressive Entwickelung zu denken, nicht einzusehen vermag.

Wichtiger als diese Alternatieve scheint mir die Frage, ob es wirklich als ausgeschlossen betrachtet werden musz, dass die Anomalie auch als Mittelrassenmerkmal, oder gar als Artmerkmal in die Erscheinung treten kann. Ich glaube nicht und gründe meine Ansicht auf Tatsachen.

So beobachtete C. de Candolle [1]) bei *Ficus Krishnae* einen Fall von Becherbildung, der sich auf alle Blätter einer Pflanze erstreckte. Es versteht sich von selbst, dass hier von einem Auftreten der Anomalie als Halbrassen-

Fig. 1. Zweig eines fasciirten Individuums von Ulmus montana With, mit 16 Ascidien und nur 3 normalen Blättern.

[1]) C. de Candolle, Nouvelle étude des hypoascidies de Ficus, Bull. de l'herbier Boissier, IIe Série, 1902, no. 9 (zitiert nach Goebel, Organog. S. 23).

merkmal jedenfalls nicht die Rede gewesen sein kann.

Auf ein Beispiel aus eigener Erfahrung, in dem die Zahl der auf einer Pflanze gesammelten Ascidien so grosz war, dass man an ein Auftreten der Anomalie als Mittelrassenmerkmal zu denken genötigt wurde, bezieht sich unsere Textfigur 1. Sie stellt einen Zweig eines fasciirten Individuums von *Ulmus montana* With dar, das im botanischen Garten zu Groningen gezogen wird und von dem Herr Professor J. W. Moll die Güte hatte, mir Zweige zu übermitteln. Nicht weniger als 16 Ascidien zählt man an diesem Zweig, während nur 3 Blätter normal sind, und in ähnlicher Weise verhielten sich alle Zweige des Baumes. Offenbar haben wir es hier also zu tun mit einem Repräsentanten einer Varietät, die, um mit den Worten von de Vries zu reden, an Ascidien eben so reich ist, wie seine Mittelrasse von *Trifolium pratense quinquefolium* an vier- und fünfscheibigen Blättern.

Schliesslich erwähne ich noch ein Beispiel, das in dieser Beziehung vielleicht von Wichtigkeit ist, möglicherweise aber einer anderen Erklärung bedarf. Man wolle dazu die Textfigur 2 vergleichen, die nach einer Photographie hergestellt worden ist, welche ich der Liebenswürdigkeit des Herrn Prof. Dr. J. Massart (Brüssel) verdanke. Von einer *Zelkowa carpinifolia* oder *Planera crenata* (Ulmacee) in der Nähe von Laeken hatten alle Zweige bis auf einen nur normale Blätter, wie die Figur rechts sie zeigt, aufzuweisen. Ein einziger Zweig des Baumes, in der linken Figur abgebildet, trug dagegen ausschliesslich becherförmige Blätter. Abgesehen davon, dass bis jetzt, so viel ich weisz, für *Planera crenata* Ascidien nicht erwähnt wurden, könnte dieser Fall aus einer doppelten Ursache interessant sein. Erstens bekommt man den Eindruck, dass man den Zweig durch Pfropfen vervielfältigen und in dieser Weise eine konstante Becher-Rasse zustande bringen hätte können. In der Tat sieht es so aus, wie wenn eine Eigenschaft

für Becherbildung in dem anormalen Zweige auf vegetativem Wege plötzlich aktiv geworden wäre. Man achte besonders darauf, dass alle Ascidien gleich gut ausgebildet sind. Demnach wäre es nicht unmöglich, dass hier ein

Fig. 2. Zelkowa carpinifolia oder Planera crenata.
Links: Zweig mit Ascidien. Rechts: Zweig mit normalen Blättern.

Fall vorliegt, in dem die Anomalie als Artmerkmal auftrat. Zweitens wäre, sollte unsere Vorstellung zutreffen, an dem Beispiele wichtig, dass es deutlich und z. B. besser als das gelegentliche Vorkommen von Ascidien auch bei

anderen Ulmaceen, für latente Erblichkeit spricht. Man kann sich nur schwer vorstellen, dass eine Eigenschaft auf vegetativem Wege neu entsteht, viel eher dagegen, dass sie aus dem latenten in den aktiven Zustand übertritt.

Unsere Bemerkungen über die Bedeutung der Ascidien für die Erblichkeitslehre resümierend, können wir sagen, dass kein Grund vorliegt, daran zu zweifeln, dass die Anomalie nicht auch, ebenso wie verschiedene andere Monstruositäten, das eine Mal als Halbrassenmerkmal, ein andermal als Mittelrassenmerkmal und schliesslich auch als Artmerkmal in die Erscheinung treten kann.

Wie oben bemerkt wurde, wird uns in dieser Mitteilung im besonderen die Einteilung der Ascidien in Gruppen gleichartiger Fälle beschäftigen. Schon sehr früh ist eine Klassifikation der Ascidien gegeben worden. Morren [1]) unterscheidet sie 1838 in einblättrige und mehrblättrige. Einblättrige nennt er solche, die durch Verwachsung der Seitenränder eines einzigen Blattes zustande kommen, mehrblättrige diejenigen, zu deren Entstehung zwei oder mehrere Blätter mitwirken.

Masters [2]) teilt in seinem rühmlichst bekannten Buche „Vegetable Teratology" die Ascidien in ähnlicher Weise ein und unterscheidet auszerdem eine dritte Gruppe von Ascidien, nämlich die becherförmigen Excrescenzen von Blättern. Mehrfach ist aber später die Ansicht ausgesprochen worden, dass es keinen essentiellen Unterschied zwischen einfachen Ascidien und solchen becherförmigen Excrescenzen gibt. So beobachtete Beyerinck [3]) in einer Kultur von *Dipsacus fullonum* eine Pflanze, die die beiden Blätter

---

[1]) C. Morren, Bull. Acad. Roy. Sci. Brux., V, 1838, S. 430—442, S. 582—586.

[2]) M. T. Masters, Vegetable Teratology, 1869, S. 312.

[3]) M. W. Beyerinck, Over regeneratieverschijnselen aan gespleten vegetatiepunten van stengels en over bekervorming, 1e Bijl. tot de 36e Verg. d. Ned. Bot. Ver., 27 Jan. 1883, S. 35.

eines Blatpaares ganz in Ascidien umgeformt zeigte, diejenigen des nächst höheren Paares jedoch nur teilweise. De Vries [1]) beschreibt für *Magnolia* Blätter mit auf dem Rücken aus der Spreite heraustretendem Mittelnerv und einem kleinen Becher an der Spitze dieses letzteren neben typisch monophyllen Bechern. Auch *Brassica* [2]) ist dafür bekannt, dass die Blätter bald ganz, bald nur im oberen Teil in Ascidien veränderen. In der Hauptsache unterscheidet man also gegenwärtig einblättrige und mehrblättrige Ascidien.

Monophylle Ascidien kommen verhältnismäszig häufig vor. Man siehe blosz die Liste von Beispielen, die de Vries [3]) in seiner Arbeit über die Erblichkeit der Synfisen gibt. Bald stehen sie seitlich am Stengel, bald weisen sie eine Beziehung zu dessen Vegetationspunkt auf. Danach kann man sie zu zwei verschiedenen Typen bringen, die man am besten als laterale und terminale monophylle Ascidien bezeichnet.

Die lateralen monophyllen Ascidien kann man wieder in drei verschiedene Rubriken untereinteilen, deren erste die Ascidien umfasst, welche durch Verwachsung der Seitenränder aus einem ganzen Blatte hervorgehen, eine zweite die becherförmigen Excrescenzen, die dritte endlich diejenigen Fälle, in denen ein Teilblättchen eines zusammengesetzten Blattes sich als Becher darbietet. Zu der ersten Rubrik gehören bekanntlich die meisten Beispiele. Die zweite Rubrik, sowie auch die dritte glaube ich mit je einem interessanten Beispiele bereichern zu können.

Ein hübsches Beispiel, das in die zweite Rubrik hineingehört, liefert uns das in Textfigur 3 dargestellte Rosenblatt aus meiner Sammlung. Es stammt von einem Strauch der

---

[1]) Hugo de Vries, Bot. Jaarb., VII, 1895, S. 164.

[2]) O. Penzig, Pflanzenteratologie, Bd. I, 1890, S. 260.

[3]) Hugo de Vries, ibidem, S. 177—180.

Gartenrose General Mac Arthur, der zahlreiche anormale Blätter, im besonderen solche mit gabeliger Teilung oder gar vollständiger Spaltung der Blättchenspreiten aufzuweisen hatte. Wie man sieht, ist die Blattspreite ungeteilt und aus dem Blattstiele und zwar aus dem obersten Teil

Fig. 3. Anormales Blatt der Gartenrose General Mac Arthur (Rosa indica fragrans hybrida).

Die Blattspreite ist ungeteilt und aus dem obersten Teile der Unterseite des Blattstieles entsteht ein langer mit Stacheln besetzter Faden, der in einem kleinen Becher endigt. Die weiszen Fleckchen rühren daher, dass das Blatt in einem Alcohol-Glycerin-Gemisch verweilt hatte, bevor es photographiert wurde.

der Unterseite entsteht ein langer mit Stacheln besetzter Faden, der in einem kleinen Becher endigt. Vielleicht musz diese Erscheinung mit dem von Jaeger und von

Kickx [1]) beschriebenen gelegentlichen Auftreten von kleinen Blättchen auf der Unterseite am Mittelnerven von Rosenblättern im Zusammenhang gebracht werden.

Auf ein, wie ich glaube, neues Beispiel für die dritte Rubrik bezieht sich unsere Fig. 1, Taf. IX. Eine *Poterium Sanguisorba* oder *Sanguisorba minor* aus unseren Dünen hatte ein anormales Blatt mit zwei kleinen Ascidien an der Stelle der beiden obersten gepaarten Blättchen des bekanntlich unpaarig gefiederten Blattes. Der Fall kann nicht wundernehmen, weil noch bei zahlreichen anderen Rosaceen — so bei *Rosa centifolia* [2]), *Fragaria vesca* [3]), u. s. w. — und auch bei vielen Leguminosen — man denke an die von de Vries [4]), Costerus [5]) u. a. beschriebenen abnormen Kleeblätter — die Erscheinung beobachtet worden ist, dass Ascidien an die Stelle von Teilblättchen eines zusammengesetzten Blattes traten. Die Annahme, dass allgemein in diesen Gruppen eine Eigenschaft für Becherbildung latent anwesend ist, gewinnt dadurch aber an Wahrscheinlichkeit.

Terminale monophylle Ascidien scheinen mir nur selten vorzukommen. Sie zerfallen in zwei Rubriken, indem sie bald dem weiteren Wachstum des Sprosses Einhalt tun. bald es nicht verhindern.

Von terminalen monophyllen Ascidien, die den Spross in seiner Entwickelung zu hindern vermögen, kenne ich nur ein einziges Beispiel. De Vries erwähnt es auf Seite 171 seiner Arbeit über die Erblichkeit der Synfisen. Durch wechselständige Blattstellung abweichende Zweige der gewöhnlich dekussiertblättrigen *Boehmeria macrophylla* fand

---

[1]) Zitiert bei O. Penzig, Pflanzenteratologie, Bd. I, S. 442—443.

[2]) Penzig, Bd. I, S. 437.

[3]) J. C. Costerus und J. J. Smith, Studies in tropical Teratology, Ann. du Jard. bot. de Buit., Bd. XIX, 1904, S. 61—84.

[4]) Hugo de Vries, Bot. Jaarb., VII, 1895, S. 168—169.

[5]) J. C. Costerus, ibidem, IV, S. 13.

er zweimal von einem einblättrigen Becher abgeschlossen. Der Stiel des Bechers war hohl und umgab so eng den immerhin vorhandenen Vegetationspunkt des Stengels, dass derselbe nicht imstande war auszuwachsen.

Terminale monophylle Ascidien, die den Spross im Wachstum nicht hinderlich sind, scheinen etwas häufiger vorzukommen. Harris[1]) beobachtete solche Ascidien bei einer *Agave americana* und bei einer *Gasteria*. Aus den von ihm für beide Pflanzen gegebenen Abbildungen ist deutlich ersichtlich, dass der Spross sich normal weiter entwickelte und dabei den Becher zerrisz. Hinck's[2]) beschrieb für *Tulipa Gesneriana* einen Fall, „in which the leaf on the stem, folding around it, had cohered by its edges, so as to completely inclose the flowerbud, which as it enlarged, carried up the upper part of the leaf, like the calyptra of a moss." Die Erscheinung wurde später noch zu wiederholten Malen wahrgenommen und auch unseren Blumenzwiebelzüchtern, die hier von Tulpen „mit einem Hut" sprechen, ist sie wohlbekannt. Schliesslich sei noch einmal auf die oben schon erwähnten *Polygonatum*-Ascidien als Beispiele für durchwachsene terminale monophylle Ascidien hingezeigt.

Wir kommen jetzt zu den mehrblättrigen Ascidien. In weitaus den meisten Fällen haben wir es hier mit diphyllen Ascidien zu tun. De Vries nennt auf Seite 181 seiner Arbeit über die Erblichkeit der Synfisen triphylle Becher schon äusserst selten und gibt als Beispiele einzig eine tricotyle Keimpflanze in einer Aussaat einer tricotylen Rasse von *Silene inflata*, die die drei Blätter des ersten Blattwirtels mit einander verwachsen zeigte, und ein Individuum von *Eryngium maritimum*, bei dem drei in einem

---

[1]) J. A. Harris, Ascidia in Gasteria and Agave, J. of the Miss. Bot. Gard., 1911, S. 126—132.

[2]) W. Hincks, Rept. Brit. Ass. Adv. Sci., VII, 1839, S. 120.

Kreise angeordnete Blätter zu einem den Stengel eng umschliessenden Trichter zusammengetreten waren. Wir wollen uns deshalb hier nur mit den diphyllen Ascidien weiter beschäftigen.

Ebenso wie die monophyllen, kann man auch die zweiblättrigen Ascidien in solche unterscheiden, die keinerlei Beziehung zum Vegetationspunkt eines Sprosses aufzuweisen haben und in solche, die terminal, um den Vegetationspunkt herum, entstanden. Im Gegensatz aber zu dem, was wir für die einblättrigen Ascidien sahen, gehören hier die meisten Beispiele wohl dem terminalen Typus an.

Nicht-terminale diphylle Ascidien werden in die Erscheinung treten können, wenn zwei Blattanlagen sich einander näheren oder ein Blatt oder auch ein Teilblättchen eines zusammengesetzten Blattes sich gabelt und zugleicherzeit Becherbildung eintritt. Nach Penzig findet letzteres bisweilen bei *Phaseolus vulgaris* und *Gleditschia*-Arten statt. Beispiele für die zuerst genannten Möglichkeiten findet man in de Vries' oben zitierter Arbeit, bei Penzig, u.s.w.

Beispiele für terminale diphylle Ascidien liefern uns an erster Stelle die oben erwähnten amphisyncotylen Keimpflanzen. Aber auch Laubblätter können um den Vegetationspunkt herum mit einander verwachsen, so nach de Vries [1]) bei *Boehmeria macrophylla, Crassula arborescens, Anagallis grandiflora* und *Antirrhinum majus.*

Interressant im Zusammenhang mit dem, was in dieser Mitteilung noch folgen wird, ist, dass die terminalen diphyllen Ascidien im Gegensatz zu den monophyllen meistens das Sprosswachstum mehr oder weniger beeinträchtigen. Der Vegetationspunkt kommt dabei durchaus nicht in Wegfall, sondern scheint nur durch die Anwesenheit des Bechers zu sehr in die Klemme zu geraten, um sich normal entwickeln zu können. So treiben amphicotyle

---

[1]) Hugo de Vries, Bot. Jaarb., VII, 1895, S. 180.

Keimpflanzen nach den Erfahrungen von de Vries[1]) in der Regel keinen Stengel, lassen nur die Cotylen bedeutend an Grösse zunehmen und sterben nach längerer Zeit. Der Vegetationspunkt ist dennoch vorhanden, denn bisweilen kommt die Plumula seitlich aus dem Cotylbecher zum Vorschein (*Centranthus macrosiphon*, *Mercurialis annua*) und de Vries beschreibt, wie er einmal eine amphicotyle Keimpflanze in einer Aussaat seiner syncotylen *Helianthus annuus*-Rasse durch Aufschneiden des Cotylbechers zum Treiben des Stengels bringen konnte. Auch die terminalen diphyllen Laubblattbecher vermögen häufig das Sprosswachstum zu unterdrücken und auch hier mag ein Vegetationspunkt wohl immer anwesend sein. De Vries[2]) untersuchte genau die endständigen zweiblättrigen *Boehmeria*-Ascidien und fand den Vegetationspunkt so eng von dem von den verwachsenen Blattstielen gebildeten Röhrchen umschlossen, dass von einer weiteren Entwickelung nicht die Rede sein konnte. Andere Fälle sind nicht so eingehend studiert worden, aber es unterliegt keinem Zweifel, dass die Sachlage vielfach dieselbe war, wie die hier für *Boehmeria* geschilderte, namentlich wenn auf ein Zusammengehen von diphyllen terminalen Ascidien und von Syn- und Amphicotylie hingezeigt werden konnte, wie de Vries[3]) es z. B. für *Anagallis grandiflora* und *Antirrhinum majus* tut.

Wir haben somit gesehen, dass die Ascidien hauptsächlich in einblättrige und zweiblättrige unterschieden werden können, dass beide Arten von Ascidien lateral und terminal an den Sprossen vorgefunden werden, und dass die terminalen Ascidien bald das weitere Wachstum des Sprosses nicht verhindern, was namentlich für die einblättrigen gilt, bald es mehr oder weniger unterdrücken, ohne jedoch

[1]) Hugo de Vries, Die Mutationstheorie, Bd. II, S. 321—322.
[2]) Hugo de Vries, Bot. Jaarb., VII, 1895, S. 170.
[3]) Hugo de Vries, ibidem, S. 174.

den Vegetationspunkt in Wegfall zu bringen, was besonders von den zweiblättrigen gesagt werden kann.

Zweck der vorliegenden Mitteilung ist nun darzutun, dass es neben diesen Ascidien noch eine zweite Hauptgruppe von Ascidien gibt, die als Sprossbecher den bis jetzt behandelten oder Blattbechern gegenübergestellt werden können.

Die Blattbecher sind echte Synfisen, auch wenn sie terminal stehen, und mit dem Verschwinden eines Vegetationspunktes haben sie nichts zu tun, wenn sie auch, wie wir das oben gesehen haben, manchmal die weitere Entwickelung des vorhandenen Vegetationspunktes zu verhindern vermögen.

Daneben gibt es aber Becher, und zwar terminale Becher, bei deren Entstehung der Vegetationspunkt des Sprosses ganz und gar verschwindet, die nicht von Hause aus Blattsynfisen sind und einen ganz anderen Ursprung haben.

Zwei Beispiele habe ich kennen gelernt und genau studiert. Ich werde sie im folgenden Paragraphen eingehend behandlen. Daselbst werden wir auch der Frage nähertreten, durch welche Ursache solche Becher hervorgerufen werden. Es wird sich herausstellen, dass ihrem Entstehen die Eigenschaft der betreffenden Pflanzen zugrunde liegt, gelegentlich an Stellen, wo es nicht geschehen soll, das Stengelwachstum einzustellen. Geschieht dies, wenn sich in der Nähe des Vegetationspunktes keine junge Blattanlage befindet, so wird kein Becher zum Vorschein gerufen. Im entgegengesetzten Falle tritt ein kleinerer oder gröszerer Becher in die Erscheinung. Wie das genau zu verstehen ist, wollen wir in einem weiteren Paragraphen untersuchen und dort werden wir auch sehen, warum sich der Name Sprossbecher für unsere neue Gruppe von Ascidien eignet.

Bevor ich dazu schreite, die Beobachtungen zu be-

schreiben, die mich zu obiger Auffassung führten, darf ich nicht unterlassen, darauf hinzuweisen, dass dieselbe durchaus nicht neu ist. Sie ist schon ausgesprochen worden, nur in einer anderen Form und weniger scharf präzisiert, von Beyerinck und zwar im Jahre 1883 in seiner oben bereits zitierten in holländischer Sprache verfassten Mitteilung über Regenerationserscheinungen an gespaltenen Stengelvegetationspunkten und über Becherbildung.

Beyerinck bekam Pflanzen der dekussiertblättrigen (mit *Veronica longifolia* verwandten) *Veronica maritima* zu Gesicht, deren Stengel von einem kurzen unverzweigten Fädchen von der Structur eines reduzierten Stengels und mit einer einzigen Blattspur abgeschlossen wurde. Andere Individuen endigten in einem monophyllen Becher, dessen Stiel im unteren Teile Stengelstructur hatte, im oberen dagegen ein wohlentwickeltes Blattgefässbündel aufzuweisen hatte, wie ein Blattstiel. Schliesslich beobachtete Beyerink auch zweiblättrige terminale Ascidien, deren Stiel im unteren Teil gleichfalls wie ein Stengel gebaut war, im oberen aber zwei Blattspuren führte. Auch Achselknospen gestalteten, sich manchmal zu Fädchen oder Ascidien um, die offenbar einem ganzen Seitenzweig gleichzustellen waren. Beyerinck folgerte aus diesen Wahrnehmungen, dass in den betreffenden Sprossen eine Tendenz, das Sprosswachstum einzustellen, gewirkt hatte. Je nachdem keine oder eine Blattlage oder auch zwei Blätter im ersten Stadium der Entwickelung in der Nähe des Vegetationspunktes vorhanden waren, als das Sprosswachstum erlosch, würden einfache Fädchen oder monophylle oder diphylle Ascidien zum Vorschein getreten sein.

Einen Beweis für die Richtigkeit seiner Auffassung meinte Beyerinck in einer gleichartigen, von ihm bei anormalen Kohlpflanzen beobachteten Erscheinung erblicken zu dürfen. Eine Varietät von *Brassica oleracea acephala* zeigte sich ihm einer sehr eigentümlichen Zerreiszung des

Vegetationspunktes unterworfen. Die beiden dadurch entstandenen Teile kamen einander bald ungefähr gleich an Grösze, bald spalteten sich ganz winzige Teile des Vegetationspunktes von demselben ab. Letztere konnten sich nun auf die Dauer als kurze Fädchen erhalten, sie konnten sich aber auch zu Ascidien ausbilden. Sie benahmen sich somit gerade so wie die oben beschriebenen *Veronica*-Sprosse. Es lag nun aber mehr auf der Hand, ein mangelndes Entwickelungsvermögen der Sprosse für die ganze Erscheinung verantwortlich zu machen.

Beyerinck hat nicht bewiesen, weder für *Veronica maritima*, noch für seine Kohlpflanzen, dass ein Vegetationspunkt an den nach ihm in Ascidien umgewandelten Sprossen nicht mehr vorhanden war. Folglich konnte Zweifel daran bestehen bleiben, ob tatsächlich das Aufhören des Sprosswachstums hier das Primäre und das Auftreten von Ascidien Folge davon war, und liess sich immer noch die Meinung verteidigen, dass echte Blattsynfisen vorlagen, die in ähnlicher Weise, wie die oben beschriebenen Cotylbecher u. s. w. das Auswachsen des Sprossscheitels zu verhindern imstande waren. Ich habe auf diesen Punkt besonders geachtet und ich glaube im Folgenden dartun zu können, dass Beyerinck recht gehabt hat. In den von mir studierten und hier zu beschreibenden Fällen war sicher kein Vegetationspunkt mehr vorhanden und war es ohne weiteres klar, dass es das Aufhören des Stengelwachstums war, das die Becher hervorrief, und nicht umgekehrt das Auftreten der Ascidien die Unterdrückung des Sprosswachstums bedingte.

II. Die Sprossbecher von Spinacia und Oenothera.

Zu der Erkenntnis, dass es neben den gewöhnlichen Ascidien, die echte Blattsynfisen sind, noch einen zweiten

Haupttypus von Ascidien gibt, für den sich der Name Sprossbecher eignet, bin ich gekommen durch ein genaues Studium von Ascidien, die ich bei *Spinacia oleracea* L. und bei Arten von *Oenothera* beobachtete. Hierüber möge jetzt näheres mitgeteilt werden.

Vor einigen Jahren züchtete ich von allen käuflichen Varietäten von *Spinacia oleracea*, mit runden und mit stacheligen Früchten, eine gröszere Anzahl von Individuen. In diesen Kulturen boten sich mir unzählbare Ascidien dar, was nicht wundernehmen konnte, da für *Spinacia* wiederholt in der Literatur das Auftreten von Ascidien erwähnt wurde. Ich benutzte gerne die Gelegenheit, sie näher zu studieren, und kam in dieser Weise zu der oben erwähnten Auffassung, in der ich dann durch Beobachtungen an Arten von *Oenothera* bestärkt wurde. Nicht alle Varietäten erwiesen sich zu meinem Zwecke gleich dienlich. Einige waren sehr reich an Ascidien, andere wéniger. Es ist dies eine Beobachtung, die mit der oben zitierten Mitteilung von de Vries über das Vorkommen von Ascidien bei verschiedenen Rassen von *Magnolia obovata* in Einklang steht. Ich schreite jetzt zu der Beschreibung meiner Beobachtungen an den lebenden Pflanzen und der Resultate der näheren Untersuchung.

Gleich musz hier die Bemerkung gemacht werden, dass ich die Ascidien nur bei weiblichen Pflanzen gesehen habe, nicht bei männlichen. Es hängt dies mit der verschiedenen Ausbildung von männlichen und weiblichen Pflanzen zusammen.

Erstere haben anfänglich einen unverzweigten Stengel und die Blüten sitzen in gabelig beginnenden, in Wickeln übergehenden Knäueln in den Blattachseln. Von diesen Inflorescenzen musz angenommen werden, dass sie seitlich an ganz kleinen Seitenachsen erster Ordnung stehen, denn später entwickeln diese sich weiter und nehmen dabei oft die zuerst entstandene Inflorescenz mit empor. Immer

weitere Blütenknäuel bringen sie nun hervor und infolgedessen entstehen unterbrochene achselständige Scheinähren, welche gänzlich unbeblättert sind. Letzteres ist die Ursache davon, dass man bei männlichen Pflanzen vergebens nach Ascidien sucht, wie man verstehen wird, wenn ich die Ascidien der weiblichen Pflanzen beschrieben haben werde. Dagegen lieferten meine männliche Pflanzen mir eine schöne Zwangsdrehung.

Im Gegensatz zu den männlichen zeigen weibliche Pflanzen eine reiche Blattentwickelung an den Blütensprossen und gleiches gilt für diejenigen abnormen weiblichen Pflanzen, welche zugleicherzeit männliche Blüten tragen. Eine weibliche Pflanze fängt gleichfalls damit an, in den Laubblattachseln des unverzweigten Stengels gedrängte Blütenstände hervorzubringen. Auch hier entwickeln sich später die Achselzweige und werden die ursprünglich am Hauptstengel stehenden Knäuel häufig ein wenig aus ihren Achseln gehoben. Jetzt aber erzeugt der Blütenspross in der Nähe seiner Spitze ein Blatt mit dreieckiger Spreite und breitem geflügeltem Stiel und in der Achsel dieses Blattes einen neuen Blütenstand (Taf. X, Fig. 1). Wenn der Seitenzweig noch jung ist, fehlt die Inflorescenz noch und scheint das Blatt terminal auf dem Seitenzweig zu stehen (Taf. X, Fig. 2). Später aber kommt die Inflorescenz zum Vorschein, und noch später setzt, scheinbar unterhalb der Inflorescenz, tatsächlich natürlich oberhalb derselben, der Seitenzweig sein Wachstum fort und erzeugt aufs neue, zuerst ein scheinbar terminales Blatt, nun an der entgegengesetzten Seite, dann einen weiteren blattachselständigen Blütenknäuel (Textfig. 4, rechtes Bild). So geht es weiter, bis der Achselspross zuletzt zahlreiche Inflorescenzen, gestützt von Blättern, in zweizeiliger Anordnung hervorgebracht hat (Taf. IX, Fig. 2). Das bis hier Beschriebene bezieht sich nur auf den oberen Teil des Stengels einer weiblichen Pflanze. Im unteren Teile findet man in den Blattachseln

keine Blütenstände, sondern Seitenzweige erster Ordnung, die sich ebenso benehmen, wie der Hauptstengel in seinem oberen Teile, also Zweige zweiter Ordnung mit zahlreichen Blütenständen und Blättern tragen. Im alleruntersten Teile sind sogar die Sprosse zweiter Ordnung noch normale Verzweigungen und erst diejenigen dritter Ordnung die Blütentragenden. Dort, wo am Hauptstengel, von oben nach unten gehend, die unmittelbar Blüten hervorbringenden Zweige aufhören und Seitenzweige anfangen, deren Achselsprosse erst die Blüten erzeugen werden, findet man bisweilen die beiden Typen von Seitenzweigen in einer selben Blattachsel zusammen anwesend.

Jetzt sind wir also imstande, auseinanderzusetzen, an welchen Stellen bei weiblichen Pflanzen Ascidien vorgefunden werden können. Bequemlichkeitshalber beschränken wir unsere Beschreibung auf den oberen Teil des Stengels. Im einfachsten Falle sieht man hier neben einer blattachselständigen Blütengruppe einen kleineren oder gröszeren Becher (Taf. IX, Fig. 3 und 4). Man wird alsbald dadurch getroffen, dass in den höheren und tieferen Blattwinkeln in der Regel normal entwickelte Blütensprosse vorhanden sind, während in der Achsel mit dem Becher neben der Blütengruppe vom Auswachsen eines Achselsprosses nicht die Rede ist. In dieser Weise erlangt man sofort die Gewiszheit, dass ein kausaler Zusammenhang zwischen dem Auftreten eines Bechers und dem Aufhören des Wachstums eines Blütensprosses besteht. Ascidien beobachtete ich ausserdem an verschiedenen Stellen der Blüten tragenden Sprosse, und zwar immer dort, wo der Spross sich weiter hätte verlängern sollen. So fand sich besonders häufig ein lang gestielter Becher unterhalb (i. e. oberhalb) der Inflorescenz in der Achsel des ersten Blattes (Textfig. 4, linkes Bild, Taf. IX, Fig. 5). Dieser Becher konnte normal kräftig entwickelt sein, aber sich auch als unscheinbares zartes Fädchen darbieten (Taf. IX, Fig. 6). In

anderen Fällen erzeugte der Spross zwei Blätter mit Blütenknäueln in den Achseln und schloss dann sein Wachstum durch Bildung eines Ascidiums unterhalb des obersten Blütenstandes ab (Taf. IX, Fig. 7), u. s. w.

In seiner Mitteilung über die Erblichkeit der Synfisen hat de Vries[1]) auf das Vorkommen einer sogenannten Periode bei der Entstehung von Blattbechern hingezeigt. Die Gestalt des Bechers hängt von seiner Anheftungsstelle

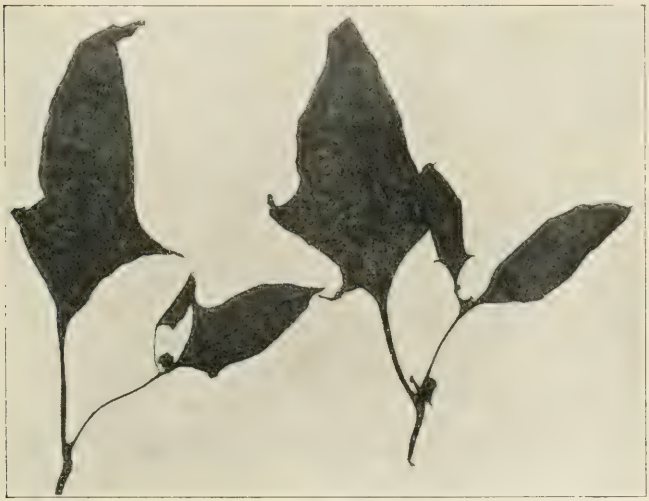


Fig. 4. Spinacia oleracea, weibliche Pflanze.

Rechts: Stück eines Hauptstengels (a) mit Blatt (b) und blattachselständiger Inflorescenz (c). Ein Blütenspross ist ausgewachsen und hat zwei Blätter mit achselständigen Inflorescenzen erzeugt.
Links: Wie oben, aber ein Becher ist an die Stelle des zweiten Gliedes der Blütenachse getreten.

am Zweige ab. Anfang und Ende des Zweiges sehen dabei einander ähnlich, die Mitte weicht ab (*Magnolia*).

---

[1]) Hugo de Vries, Bot. Jaarb., VII, 1895, S. 164.

Etwas ähnliches habe ich gelegentlich auch für meine Spinatbecher feststellen können. So sieht man bisweilen an einer nämlichen Pflanze in auf einander folgenden Blattachseln ein normales Blatt mit Blütengruppe, ein sehr kleines Becherchen, einen groszen aber sehr untiefen Becher, wieder einen kleinen gut entwickelten Becher und schliesslich wieder ein normales Blatt mit Blütenknäuel. Das Herrschen einer gewissen Periodicität ist in solchen Fällen unverkennbar.

Schon im ersten Augenblick bekam ich den Eindruck, dass ich es bei *Spinacia* nicht mit echten Blattsynfisen zu tun hatte, wie ich sie von anderen Pflanzen kannte, sondern dass die Ascidien einem ganz besonderen Typus angehörten und durch becherförmiges Auswachsen der Sprosse in die Erscheinung traten. Dieser Eindruck drängte sich mir wohl an erster Stelle dadurch auf, dass das Auftreten der Ascidien auf jeden Fall mit dem Aufhören des Wachstums der Blütensprosse kausal verknüpft war und sie dabei einblättrig waren. Oben haben wir die Erscheinung zwar kennen gelernt, dass echte Blattsynfisen terminal, um einen Vegetationspunkt herum, entstehen können und dann manchmal das Sprosswachstum mehr oder weniger beeinträchtigen, aber dies gilt namentlich für mehrblättrige Ascidien, also für Cotylbecher, für diphylle terminale Laubblattbecher, u. s. w. Mir war und ist noch immer nur ein Fall bekannt, in dem monophylle terminale Ascidien die weitere Entwickelung der Vegetationspunkte zu verhindern imstande waren: ich denke an die oben erwähnten von de Vries für durch wechselständige Blattstellung abweichende Zweige der *Boehmeria macrophylla* beschriebenen Becher. Sehr beweiskräftig für den Satz, dass monophylle terminale Ascidien gleichfalls das Sprosswachstum zu unterdrücken vermögen, ist dieses Beispiel zudem nicht, denn die Zweige, um die es hier geht, waren nicht normal und hätten eigentlich dekussierte Blätter aufweisen sollen.

Zweitens kamen die Becher mir gleich verdächtig vor, weil ich die gewöhnlichen Laubblätter meiner *Spinacia*-Pflanzen merkwürdigerweise niemals in Becher umgewandelt fand. Sollten sie lediglich infolge der Neigung des Spinat, Blattsynfisen zu erzeugen, hervorgerufen worden sein, so wäre nicht zu verstehen, weshalb nicht auch die Blätter des Hauptstengels gelegentlich tutenförmig gesehen wurden. Eines und das andere macht es begreiflich, dass ich bald zu zweifeln anfing, ob meine Spinat-Becher wirklich von Haus aus Blattsynfisen waren und dass der Gedanke auftauchte, dass ich es mit einem ganz neuen Typus von Ascidien zu tun hatte, mit in Becher auslaufenden Sprossen oder Sprossbechern, die ich mir etwa infolge des Erlöschens der Wirksamkeit der Vegetationspunkte der Blütensprosse hervorgerufen dachte.

In diesem Gedanken wurde ich bestärkt, als ich die Erfahrung machte, dass das Auftreten eines Bechers nicht nur mit dem Aufhören des Wachstums eines Blütensprosses zusammenging, sondern dass es für das unbewaffnete Auge auch das gänzliche Verschwinden des Vegetationspunktes mit sich brachte. Hierdurch wurde der Gegensatz mit dem Zustande der die weitere Entwickelung der Vegetationspunkte verhindernden terminalen Blattbecher schärfer, denn hier hat man in der Regel, so de Vries für Amphicotylen, für *Boehmeria*, u. s. w., auf das deutliche Vorhandenbleiben der Vegetationspunkte hingezeigt. Vielleicht aber war ein Vegetationspunkt doch anwesend und seine Existenz blosz mit Hilfe des Mikroskops nachweisbar?

Um hinsichtlich dieser Frage Gewiszheit zu erlangen, muszte ich damit anfangen, genau die Stelle zu bestimmen, wo ein eventuell noch vorhandener Vegetationspunkt erwartet werden durfte. Dies liesz sich auf zwei Weisen zustandebringen. Der Becherstiel war nicht hohl, wie es z. B. nach de Vries bei den terminalen Ascidien von *Boehmeria* der Fall war. Ein Querschnitt zeigte im Gegen-

teil ganz dieselbe Structur, wie der Querschnitt einer korrespondierenden Stelle eines Blütensprosses, der sich normal entwickelt hatte. Man vergleiche die Figuren 8 und 9, Taf. X, deren die erste sich auf einen Becherstiel, die zweite auf eine normale Blütenachse bezieht. Die Stiele der Blütensprossblätter hatten dazu ganz anderen Bau, wie aus Fig. 10, Taf. X, ersichtlich ist. Aus diesen anatomischen Beobachtungen ging hervor, dass der Becherstiel nichts anders als ein Sprossglied der Blütenachse war. Ein Vegetationspunkt war somit nur in den Nähe seiner Spitze, also dort wo der Becherstiel in den Becher übergeht, zu erwarten. Noch auf einem ganz anderen Wege kam ich zu demselben Schlusse. Wenn man eine grosze Anzahl von Bechern durchmustert, stellt man gleich fest, dass alle möglichen Uebergänge vorhanden sind von schön tutenförmigen Ascidien zu sehr untiefen, die von einem flachen Blatte nur durch die Anwesenheit eines schmalen aufstehenden Saumes am Fusze der Blattspreite unterschieden sind (Taf. X, Fig. 3—7). Man darf sogar sagen, dass durch solche Stadien alle Uebergänge zwischen normalen Blättern, mit Blattstiel und Blütengruppe in der Achsel und Vegetationspunkt unterhalb (eigentlich oberhalb) derselben, und wohlausgebildeten Bechern existieren. Man findet Stadien mit einem sehr kurzen Blattstiele und ohne Blütengruppe in der Blattachsel; solche, wo von einem Blattstiele nicht mehr die Rede sein kann und doch noch nicht vom Auftreten eines Bechers: das Blatt verliert jetzt blosz seine charakteristische Rautenform und wird mehr rundlich, dadurch verratend, dass es im Begriff war, in Becher zu verändern (Taf. X, Fig. 3); schliesslich begegnet man jenen Fällen, in denen sich ein schmaler Saum an der Basis der Blattspreite erhebt und somit die Tutenform ins Leben gerufen wird. Wenn noch ein deutlicher Blattstiel vorhanden ist, wird niemand daran zweifeln, dass der Vegetationspunkt des Blütensprosses in der Nähe des

Anheftungspunktes des Blattstieles zu suchen ist. Ist der Blattstiel unsichtbar klein geworden, aber ein Becher noch gerade nicht entstanden (Taf. X, Fig. 3), so musz der Vegetationspunkt natürlich an der Uebergangsstelle von Spross und Blattspreite liegen. Hat man es zuletzt mit einem Becher zu tun, so versteht es sich von selbst, dass ein etwa noch vorhandener Vegetationspunkt entweder im Grunde des Bechers oder am Becherstiel in der Nähe des Bechers und an der Seite gegenüber dem Mittelnerven desselben gesucht werden soll.

Nachdem ich also in doppelter Weise festgestellt hatte, wo ein Vegetationspunkt eventuell noch anwesend sein könnte, galt es, diese Stellen genau zu untersuchen. Ich fixierte dazu in der üblichen Weise einige Ascidien mit Alcohol-Eisessig, führte sie in Paraffin über und zerlegte dann ihren basalen Teil mitsamt dem oberen Teile der Becherstiele mit Hilfe des Mikrotoms in Schnitten. Dabei sorgte ich dafür, dass das Messer parallel mit der Medianebene der Becher durch die Objekte geführt wurde, und selbstverständlich, dass kein einziger Schnitt verloren ging. In keinem Schnitte wurde auch nur die geringste Spur der Existenz eines Vegetationskegels entdeckt, weder am Becherstiele, noch im Grunde des Bechers. Namentlich war die Innenseite des Bechers, wo man noch am ehesten im Zusammenhang mit dem über die terminalen Blattbecher Bekannten einen Vegetationspunkt hätte erwarten können, ganz glatt und zeigte überall eine gleichmässige Krümmung. Damit wurde es also sicher, dass die *Spinacia*-Ascidien einem ganz besonderen Typus angehörten, terminal aber gekennzeichnet durch den gänzlichen Verlust des Vegetationskegels. Der Gedanke gewann nun Boden, dass sie auch keine echte Blattsynfisen waren, sondern eben dem unwirksam Werden der Vegetationspunkte zufolge entstanden.

Ich musz an dieser Stelle an einen oben schon erwähnten

Versuch erinnern, den de Vries an terminalen diphyllen Bechern, die echte Blattsynfisen waren, mit noch vorhandenem wiewohl eingeklemmtem Vegetationspunkt, vorgenommen hat. Bei einer amphicotylen Keimpflanze seiner syncotylen *Helianthus annuus*-Rasse operierte er den Becher und stellte fest, dass der Vegetationspunkt sich nun wieder zu entwickeln imstande war und sogar eine blühende Pflanze erhalten werden konnte. Hieran denkend habe ich in meinen Spinatkulturen zahlreiche Pflanzen in derselben Weise behandelt. Niemals hat sich auch nur die geringste Spur eines Auswachsens der Vegetationspunkte nachweisen lassen. Vom selben Gedanken ausgehend, bin ich noch in einer anderen Weise zu Werke gegangen. Es war mir aufgefallen, dass, wenn man den Hauptstengel einer weiblichen Spinat-Pflanze abschneidet, die Seitenzweige sich durchaus kräftig zu verlängern anfangen. Deshalb habe ich eine Anzahl Pflanzen mit schönen Ascidien in den Achseln der Blätter des Hauptstengels dekapitiert, dafür sorgend, dass mehrere Seitenzweige in Blattachseln oberhalb der Ascidien zum Vergleich vorhanden blieben. Ich habe diese Handlung entweder von Aufschneiden der Becher begleitet sein lassen oder nicht. Immer stellte sich ein üppiger Wuchs der Seitenzweige oberhalb und unterhalb der Ascidien ein, aber niemals erzielte ich die geringste Veränderung in den Blattachseln mit Bechern. Das negative Resultat dieser Versuche spricht gleichfalls dafür, dass der Vegetationspunkt eines Blütensprosses ganz und gar in Wegfall kommt, wenn ein Becher in die Erscheinung tritt, und ist eine Bestätigung des auf anatomischem Wege erreichten Schlusses.

Nicht uninteressant ist es, hier daraufhinzuweisen, dass de Vries in seiner Abhandlung über die Erblichkeit der Synfisen über die Becher von *Spinacia* auch schon sagt, sie seien dem einzigen Blatte eines nicht entwickelten Sprosses

gleichzustellen [1]). Er betrachtet aber offenbar in diesem Falle die beiden Erscheinungen: Aufhören des Sprosswachstums und Auftreten eines Bechers als unabhängig von einander und die Ascidien als echte Blattsynfisen. Ich glaube dagegen behaupten zu dürfen, dass eine Kausalität zwischen den beiden Erscheinungen besteht, dass die Ascidien keine gewöhnliche Blattsynfisen sind und dem Erlöschen der Wirksamkeit der Vegetationspunkte der Blütensprosse zufolge in die Erscheinung treten.

Auszer dem gänzlichen Fehlen der Vegetationskegel gibt es nämlich noch ein Paar weitere Argumente, die dafür sprechen, dass wir es bei *Spinacia* nicht mit echten Blattsynfisen zu tun haben. So könnte ich noch einmal an die oben schon erwähnte und dort gewürdigte Tatsache erinnern, dass trotz der Häufigkeit der Ascidien die gewöhnlichen Laubblätter niemals in Becher umgewandelt gefunden wurden. Von besonderer Wichtigkeit ist aber in dieser Beziehung die Beobachtung, dass die *Spinacia*-Becher oft so klein sind, dass man nicht mehr von Bechern reden kann, sondern nur noch von Fädchen. Es gibt Fädchen ohne eingedrückte Spitze, aber man findet auch solche mit einem äusserst kleinen Becher an ihrem Ende (Taf. IX, Fig. 6). In dieser Weise bestehen wieder alle möglichen Uebergänge von einfachen Fädchen bis zu wohlausgebildeten Ascidien. Es kommt mir vor, dass durch diese Eigentümlichkeit die *Spinacia*-Ascidien scharf von den echten Blattsynfisen unterschieden sind. Mir ist es undenkbar, dass die bekannten monophyllen Blattbecher von *Saxifraga crassifolia*, von *Tilia* u. s. w. sich jemals als Fädchen darbieten würden. In der Tat habe ich, z. B., trotz der grössten Sorgfalt und der groszen Zahl der untersuchten Individuen nie Fädchen gefunden bei einer Pflanze, wie *Saxifraga crassifolia*, die doch wegen der

---

[1]) Hugo de Vries, Bot. Jaarb., VII, 1895, S. 176.

Häufigkeit, mit der sie Ascidien hervorbringt, geradezu berühmt ist. Und so möchte ich noch einen Schritt weiter gehen und die Behauptung aufstellen, dass, wenn man in der Literatur für eine bestimmte Pflanzenart auszer von Ascidien auch von Fädchen gesprochen findet, man ruhig annehmen darf, dass die Ascidien nicht echte Blattsynfisen waren, sondern in die Gruppe der *Spinacia*-Becher hineingehörten, wobei vielleicht nur für die Endblättchen der gefiederten Blätter der Leguminosen und Verwandten eine Ausnahme gemacht werden musz.

Sind wir darüber einig, dass es einen prinzipiellen Unterschied zwischen den *Spinacia*-Bechern und normalen Blattsynfisen gibt, so bietet sich die Frage dar, wie man sich dann das Entstehen jener Ascidien vorstellen soll. Auch hierüber belehren uns die Erkenntnis, dass die Vegetationskegel der Blütensprosse gänzlich in Wegfall kommen, wenn Becher in die Erscheinung treten, sowie das Vorkommen von nicht becherförmigen kurzen Fädchen. Wir schliessen daraus, dass die Ascidien einer dem Spinat zukommenden Eigenschaft zufolge, gelegentlich das Sprosswachstum einzustellen, entstehen. Geschieht dies, wenn keine Blattanlage in der Nähe des Vegetationspunktes anwesend ist, somit im Anfange der Entwickelung eines neuen Sprossgliedes der Blütenachse, so entsteht ein kurzes einfaches Fädchen. Geschieht es, wenn das Blatt, das die neue Inflorescenz stützen wird, schon angelegt worden ist, so entsteht ein Becher, klein, wenn das Wachstum von Spross und Blattanlage bald aufhört, gröszer, wenn es erst später eingestellt wird. Warum der Spross becherförmig wird, das wollen wir im nächsten Paragraphen untersuchen. Hauptsache für uns ist es jetzt festzustellen, dass ein kausaler Zusammenhang besteht zwischen einer primären Erscheinung: gelegentliches Erlöschen des Wachstums der Blütenachsen und der secundären: Auftreten von Ascidien.

Wir sind somit zum Schluss gekommen, dass es neben den gewöhnlichen mono- und diphyllen Ascidien, die echte Blattsynfisen oder Blattbecher sind, noch einen zweiten Haupttypus von Ascidien gibt, terminal aber gekennzeichnet durch den gänzlichen Verlust des Vegetationspunktes, hervorgerufen infolge der Eigenschaft der Sprosse, gelegentlich im Wachstum stecken zu bleiben und dabei an der Spitze becherförmig zu werden. Der Name Sprossbecher kommt für diese Ascidien nicht ungeeignet vor und zwar hatten wir es bis hier mit monophyllen Sprossbechern zu tun. Nicht unerwähnt darf ich hier lassen, dass mir aus meiner ganzen Spinatkultur auch ein einziges Mal ein zweiblättriges Becherchen unter die Augen gekommen ist. Es stand blattachselständig am Hauptstengel einer weiblichen Pflanze und verriet deutlich, dass zwei Blätter zu seiner Entwickelung beigetragen hatten (Taf. IX, Fig. 8). Ich stelle mir vor, dass hier im Moment, als die Wirksamkeit des Vegetationspunktes erlosch, nicht nur das erste, sondern ausnahmsweise auch das zweite, ihm gegenübergestellte Blatt des Blütensprosses schon mit seiner Entwickelung angefangen hatte. Demnach würde man auch die Sprossbecher in einblättrige und zweiblättrige einteilen können.

Hier könnte ich meine Mitteilungen über die *Spinacia*-Ascidien schliessen, aber vollständigkeitshalber möge noch auf ein abweichendes Verhalten hingezeigt werden, das ich einige Male an Blütensprossen beobachtete, die von einem Fädchen oder Becher abgeschlossen worden waren, nachdem sie schon ein erstes Blatt mit achselständiger Inflorescenz hervorgebracht hatten (vergl. Fig. 5, Taf. IX). Ein paar Mal fand ich diesen Blütenstand selbst, merkwürdigerweise, um so zu sagen, ausgewachsen, zu einem Spross verlängert, der in der Nähe seiner Spitze wieder ein Blatt mit achselständiger Blütengruppe erzeugt hatte und sich offenbar wie ein normaler Blütenspross benehmen

Fig. 5. Oenothera argillicola. Terminaler monophyller Becher.

würde. Es scheint diese Erscheinung darauf hinzuweisen und sie kann nur in dieser Weise erklärt werden, dass die Blütenknäuel einer normalen Blühachse nicht wirklich blattachselständig sind, sondern lateral an blattachselständigen in der Regel äusserst kurzen Seitensprossen stehen, ebenso wie die Inflorescenzen in den Laubblattachseln im obersten Teile des Hauptstengels auch nur scheinbar blattachselständig sind und tatsächlich die zuerst erscheinenden der Blütenähren darstellen.

Ich komme jetzt zu meinen Beobachtungen an Arten von *Oenothera*. In jeder Hinsicht bestätigen sie die für *Spinacia* gemachten Mitteilungen.

Eine Kultur von *Oenothera argillicola*, die Herr Professor Hugo de Vries im vorigen Sommer in seinem Versuchsgarten hatte, lieferte mir an erster Stelle ein Individuum mit einem schönen terminalen monophyllen Becher (Textfig. 5), dessen Auftreten, wie gleich festgestellt wurde, mit dem Aufhören des Stengelwachstums zusammenging. Der Vegetationspunkt des Stengels war mit bloszen Augen nicht zu entdecken, der Becherstiel durchaus nicht hohl, so wie es nach de Vries bei den terminalen Ascidien seiner *Boehmeria*-Pflanzen, die zweifellos echte Blattbecher waren, der Fall war. Schon die im Vergleich mit den normalen Blattstielen bedeutende Länge des Becherstieles deutete auf einen Unterschied mit den *Boehmeria*-Ascidien hin; hier waren Becherstiele und Blattstiele ungefähr gleich lang. Ich fixierte, wie bei den *Spinacia*-Ascidien, den basalen Teil des Bechers mitsamt dem oberen Teile des Becherstieles und zerlegte dieses Objekt mit Hilfe des Mikrotoms in Schnitten, parallel mit der Medianebene des Bechers. Ebensowenig wie bei *Spinacia* liesz sich auch nur eine Spur der Existenz eines Vegetationskegels nachweisen und ich kam somit zum Schlusse, dass ich es auch hier mit einem, durch das Aufhören des Stengelwachstums hervorgerufenen Sprossbecher zu tun hatte.

Ein weiteres abnormes Individuum kam diese Auffassung

bestätigen. Es hatte gleichfalls das Sprosswachstum eingestellt, zeigte aber an seiner Spitze nicht einen Becher, sondern ein dickes, kurzes, nur etwa 1 cM. langes Fädchen. Ich kann mir nun eventuell noch vorstellen, dass, wenn ein Becher vorhanden ist, jemand, ungeachtet der Unauffindbarkeit des Vegetationspunktes, bei der Meinung beharren möchte, dass das Auftreten des Bechers die primäre Erscheinung und das Aufhören des Stengelwachstums Folge davon war. Wenn ein Becher aber gar nicht vorhanden ist, wie in unserem zuletzt genannten Beispiele, wird es m. E. unmöglich zu leugnen, das eine

Fig. 6. Oenothera grandiflora gigas.

Oberes Ende eines Blütenstandes. An die Stelle des obersten Teiles desselben sind zwei zarte Fädchen getreten.

bis jetzt verkannte Anomalie, nämlich Erlöschen des Sprosswachstums, im Spiele ist. Zu sagen, der Becher sei hier miszlungen, geht natürlich nicht an, denn für den Anhänger der Auffassung, dass Ascidien immer von Haus aus Blattsynfisen sind, ist zum Unterdrücken des Sprosswachstums jedenfalls die Anwesenheit eines terminalen Bechers erforderlich. Ich habe das zuletzt beschriebene Individuum nicht photographiert, bringe dafür aber in Textfig. 6 einen ähnlichen Fall zur Darstellung, den ich an einem Individuum

von *Oenothera grandiflora gigas* beobachtete. Der oberste Teil des Blütenstandes fehlte hier und an dessen Stelle waren zwei zarte Fädchen getreten. Warum zwei Fädchen vorhanden waren, ist nicht recht verständlich.

Auf ein letztes abweichendes Individuum, dessen hier

Fig. 7. Oenothera Lamarckiana.
Der oberste Teil des Blütenstandes fehlt vollständig.

Erwähnung getan werden soll und das sich mir in einer Kultur von *Oenothera Lamarckiana* darbot, bezieht sich unsere Textfigur 7. Es hatte schon zu blühen angefangen

und unsere Photographie zeigt den oberen Teil des Blütenstandes. Man sieht eine schon verwelkte Blüte, seitlich am Stengel stehend und gestützt von einem Blatte, und dann, höher, eine Knospe, gleichfalls von einem Blatte gestützt, aber für das Auge nicht lateral, sonden terminal stehend, indem der ganze oberste Teil des Blütenstandes, der bei jeder *Oenothera*-Pflanze sonst bis spät in den Herbst immer neue Knospen hervorzubringen pflegt, vollständig fehlt. Natürlich steht auch die Knospe lateral und es ist ohne Weiteres deutlich, dass der Blütenstengel sich unmittelbar unterhalb der Basis des Fruchtknotens, dort, wo in der Figur ein weiszes Fleckchen sichtbar ist, weiter hätte verlängern sollen. Von der Anwesenheit eines Vegetationspunktes an dieser Stelle war durchaus nichts zu erkennen. Einen schöneren Beweis für den Satz, dass man der Erscheinung Rechnung tragen musz, dass gelegentlich das Sprosswachstum eingestellt werden kann, kann man sich kaum denken. Und man darf es als sicher betrachten, dass der oben beschriebene *Oenothera*-Becher lediglich infolge des Auftretens dieser Anomalie und zwar in dem Moment, als das betreffende Internodium eben eine neue Blattanlage hervorgebracht hatte, in die Erscheinung trat. Was die zuletzt erwähnte Photographie anbetrifft, so sei noch auf die beiden über einander greifenden Blätter in der Nähe ihres unteren Randes hingezeigt: diese beiden Blätter waren deutlich durch Spaltung aus einem einzigen Blatte hervorgegangen und ich habe Grund anzunehmen, dass ein gewisser Zusammenhang zwischen dem Auftreten solcher Spaltungen und dem der Anomalie „Aufhören des Sprosswachstums" besteht.

Ich schliesse hier meine Besprechung der *Spinacia*- und *Oenothera*-Ascidien. Wir haben somit gesehen, dass dieselben nicht zu den gewöhnlichen Blattsynfisen gerechnet werden dürfen, sondern einen eignen neuen Typus von Ascidien darstellen. Bezeichnend für sie ist, dass sie terminal

sind und der Vegetationspunkt des Sprosses, der bei terminalen Blattbechern anwesend zu sein pflegt, vollständig fehlt. Ihren Ursprung verdanken sie einer den genannten Pflanzen innewohnenden Eigenschaft — und zwar haben wir es offenbar wieder mit einem Zwischenrassenmerkmal zu tun — gelegentlich an anormalen Stellen das Stengelwachstum einzustellen. Macht diese Eigenschaft sich geltend in einem Moment, wo gerade vom Vegetationspunkt eine neue Blattanlage hervorgebracht worden war, so führt das zu einem sich becherförmig Gestalten des Sprosses. Mir erübrigt jetzt noch, deutlich zu machen, wie dies möglich ist, und es wird sich dabei zeigen, dass der von mir gewählte Name Sprossbecher für unsere Ascidien nicht ungeeignet ist.

III. Diskussion.

Versuchen wir also, die Frage zu beantworten, wie es möglich ist, dass ein Spross sich becherförmig gestaltet, wenn sein Wachstum erlöscht in einem Moment, wo gerade am Vegetationspunkt eine neue Blattanlage sich entfalten wollte. Wir müssen uns dabei vergegenwärtigen, dass, wenn wir von der Goethe—Gaudichaud'schen Auffassung absehen, in der Hauptsache zwei Meinungen über den Bau der Sprosse existieren, die Wolff—Braun'sche, nach der Stengel und Blätter Organe für sich in vollem Gegensatz zu einander sind, und dann jene Auffassung, nach der der Stengel in seinem Zentrum Achsennatur, in seiner Peripherie Blattnatur hat [1]). Es wird

---

[1]) H. Potonié, Grundlinien der Pflanzenmorphologie im Lichte der Palaeontologie, Jena 1912, S. 48.

natürlich unumgänglich sein, auf beide Ansichten Rücksicht zu nehmen.

Pflichtet man der zuerst genannten Meinung bei, so kann man sehr wohl einsehen, dass ein Spross sich unter den gestellten Bedingungen in einen Becher umwandlen wird. Weiss man doch aus der Morphologie, dass jedes Blatt bei seinem Erscheinen die Form eines mehr oder weniger vollständigen Ringwalles anzunehmen pflegt. Dieser Ringwall verlängert sich zwar in der Regel sehr bald einseitig zu einer den Blattstiel mit Spreite tragenden Blattscheide oder direkt zum Blattstiel, in welchem Falle Nebenblattbildungen auftreten, aber anwesend scheint er ursprünglich wohl immer zu sein, und manchmal verrät auch der erwachsene Zustand des Blattes noch, dass dasselbe seine Entwickelung als ringförmige Erhebung anfing: man denke an die den Stengel umfassenden Scheiden der Gramineen, Cyperaceen und Umbelliferen und an die Verwachsung der beiden Stipulae, wie sie bei *Polygonum* und *Platanus* (um den Stengel herum, Ochrea) oder bei *Astragalus* und *Ornithopus* (einseitig, nämlich an der dem Blatte abgewendeten Seite des Stengels, Stipula folio opposita) zustande kommt. Gesetzt nun, der Vegetationspunkt eines Sprosses gehe verloren in einem Moment, wo gerade ein solcher Ringwall um ihn herum entstanden war, so lässt es sich doch sehr gut hören, dass nun die ringförmige Erhebung sich zu einem terminalen Trichter weiter entwicklen wird, gröszer oder kleiner je nachdem die Anlage selbst mehr oder weniger weit mit ihrer Entwickelung fortgeschritten war!

Aber, so höre ich fragen, sind in solcher Weise entstandene Ascidien doch eigentlich nicht Blattbecher? Ich antworte darauf, dass die Blattbecher, die man bis jetzt allein unterschieden hat, durch das Verwachsen der Ränder der Blätter zustande kommen und somit von Haus aus Blattsynfisen sind. Die *Spinacia-* und *Oenothera-*Ascidien

dagegen haben einen ganz anderen Ursprung und entstehen infolge des Wegfalles der Sprossvegetationspunkte. Es ist daher erwünscht, sie mit einem besonderen Namen zu belegen und hierfür empfiehlt sich der Name Sprossbecher aus einem doppeltem Grunde. Erstens bekommt man tatsächlich den Eindruck, dass der Spross sich in einen Becher umwandelt und zweitens heiszt Spross ein Stengel mitsamt seinen Blättern und besagt das Wort Sprossbecher somit nichts anders, als dass Stengel und Blätter bei der Entwickelung der Ascidien beteiligt sind, wie es in der Tat der Fall ist. Unten wird man übrigens noch einer besseren Motivierung des Wortes „Sprossbecher" begegnen.

Sollte jemand, der auf dem Wolf—Braun'schen Standpunkte steht, die Annahme für unberechtigt halten, dass eine ringförmige Blattanlage sich zu einem terminalen Trichter anstatt einseitig zum normalen Blatte weiter entwicklen wird, falls der Sprossvegetationspunkt in Wegfall kommt, so könnte er sich etwa in folgender Weise das Entstehen von Sprossbechern vorstellen. Er wird sich erinnern, dass es brauchbare Unterscheidungsmerkmale zwischen Blatt und Stengel eigentlich gar nicht gibt. Die Form bildet ein solches Merkmal nicht, das zeigen die Phyllocladien und die Blätter von *Juncus*; das meistens begrenzte Wachstum der Blätter und das unbegrenzte der Stengel ebensowenig, denn die Blätter von *Lygodium* und *Welwitschia* wachsen immer fort — letztere zwar an der Basis — und Sprosse mit begrenzter Entwickelung sind sehr gemein. Weiter weisz er, dass Blatt und Stengel oft gleichnamige Metamorphosen durchmachen. Man kennt in Dornen und in Ranken verwandelte Sprosse, aber auch Blattdornen und Blattranken. Somit könnte er m. E. ruhig annehmen, dass dem Spross, ebenso gut wie dem Blatt, das Vermögen zukommt, sich becherförmig zu gestalten. In diesem Zusammenhang wäre noch an die Studien

Goebel's über die Entstehung der Blasen (doch auch Ascidien) der Utricularien[1]) zu erinneren. Nach dem genannten Autor hört hier die Unterscheidung von Blatt und Spross überhaupt auf, und Blätter sowohl wie Sprosse sind imstande, an der Spitze in Blase überzugehen.

Eine sehr befriedigende Antwort auf die im Anfang dieses Paragraphen gestellte Frage haben wir bis jetzt noch nicht erhalten. Das hängt wohl damit zusammen, dass die Wolf—Braun'sche Auffassung über den Bau der Sprosse selbst uns gegenwärtig nicht mehr befriedigt. Ich für mich wenigstens zögere nicht, mich zu der zweiten obenerwähnten Auffassung, die der Peripherie des Stengels Blattnatur zuschreibt, zu bekehren. Es sei mir gestattet, ihr einige Zeilen zu widmen. Eigentlich haben wir es hier wieder mit zwei verschiedenen Theorien zu tun, die ich getrennt behandlen werde, nämlich der Berindungstheorie und der Perikaulomtheorie Potonié's.

Die Berindungstheorie, die ich für die richtige halte, nimmt einfach an, dass die Achse durch das Auswachsen der Basis der Blätter berindet wird. Ich werde nicht alle Argumente nennen, die zugunsten dieser Auffassung sprechen. Ich müsste da anfangen, die Beobachtungen zu erwähnen, die Nägeli dazu brachten, anzunehmen, dass der unterste Teil des Blattes in das Gewebe des Stengels eingesetzt is, so z. B. dass die Sporogonien bei *Selaginella* für gewöhnlich nicht an der Blattbasis, sondern aus dem Stengel oberhalb des Blattes zum Vorschein kommen. Ich müsste enden mit einem Hinweis auf meine Textfigur 7: die beiden Hälften des gespaltenen Blattes in der Nähe ihres unteren Randes sind auf der Stengeloberfläche etwas

---

[1]) K. Goebel, Organographie der Pflanzen, Bd. I, 2e Aufl., S. 118 u. f. Siehe auch: H. Glück, Biologische und morphologische Untersuchungen über Wasser- und Sumpfgewächse, Teil II, Jena, 1906.

auseinander gewichen, dadurch verratend, dass das die Blattbasis umgebende Stengelgewebe höchstwahrscheinlich gleichfalls dem Blatte angehört. Lieber möchte ich mit einigen Worten erörtern, warum ich mich der Perikaulomtheorie weniger zuneige.

Wie jedes Ding hat die Perikaulomtheorie zwei Seiten [1]). Sie nimmt erstens an, dass die Gefässpflanzen mit Ueberschlagung der Moose direkt von Algen aus der *Fucus*-Verwandschaft mit gabelig geteiltem Thallus abzuleiten sind und der monopodial verzweigte Urstengel der höheren Pflanzen durch Uebergipfelung von Schwestergabelzweigen aus dem dichotomen Algenthallus hervorging (Gabeltheorie, Uebergipfelungstheorie). Zweitens, dass die durch die Uebergipfelung entstandenen Seitenzweige — Urblätter — im Verlaufe der Phylogenie durch Verwachsung ihrer Basalteile mit dem Urstengel den kompliziert gebauten Stengel der höheren Pflanzen bilden halfen, der danach aus einer Zentrale, dem Urstengel, als den Potonié sich blosz den Markkörper denkt, und einem Mantel, dem Perikaulom, besteht.

Der erste Teil der Theorie ist auszerordentlich anregend. So zahlreich und wichtig sind die Argumente, die Potonié zugunsten der Gabeltheorie anführt, dass man geradezu den Eindruck einer Beweisführung bekommt. Nur in ganz untergeordneten Punkten möchte ich mit ihm verschiedener Meinung sein. So hätte er m. E. den Abschnitt über Generationswechsel besser etwas anders redigiert. Im allgemeinen doch pflegt man solche Pflanzen als hochentwickelt zu betrachten, die eine unbedeutende haploide Generation aufzuweisen haben und umgekehrt. Die Tatsache, dass der *Fucus*-Körper nur aus diploiden Zellen besteht und die einzigen haploiden die Eizellen und Sper-

---

[1]) H. Potonié, Grundlinien der Pflanzen-Morphologie im Lichte der Palaeontologie, Jena 1912, S. 99 u. f.

matozoiden sind, die *Fucus*-Pflanze somit in dieser Hinsicht höher entwickelt ist als die Angiospermen, eben so hoch wie die Tiere, hätte daher meiner Meinung nach Potonié zu der Äusserung Anlasz geben sollen, dass die Gefässpflanzen mit *Fucus*-ähnlichen Pflanzen offenbar von gemeinsamen Vorfahren stammen, und seine Annahme, dass eine direkte Abstammung dieser Pflanzentypen von einander stattgefunden hat, wobei Prothalliumbildung infolge des Ueberganges zum Leben auf dem Lande eintrat, kommt mir weniger logisch vor.

Der zweite Teil der Perikaulomtheorie vermag nicht so sehr zu imponieren als der erste. Mit dem Gedanken, dass eine Verwachsung zwischen Stengel und Blätter stattgefunden hat, bin ich natürlich einverstanden. Aber dass wir blosz in dem Markkörper der höheren Pflanzen den ursprünglichen Stengel zu erblicken hätten, will mir nicht einleuchten. Ich habe genau die diesbezüglichen Argumente Potonié's studiert und komme zum Schluss, dass sie zwar für Berindung sprechen, nicht aber für die Existenz eines Perikauloms im Potonié'schen Sinne. Es ist nicht meine Absicht, sie hier alle zu behandlen. Nur sei es mir gestattet, auf ein einziges Argument, das mir anfänglich nicht unwichtig zuschien, etwas tiefer einzugehen. Ich meine das Vorkommen bei verschiedenen Pflanzenarten von markständigen Gefässbündeln, das nach Potonié zeigt, dass das Mark den ursprünglichen, meistens bis zum gänzlichen Verschwinden der Gefässbündel reduzierten Stengel darstellt.

Um mir ein Urteil über die Stichhaltigkeit dieses Arguments zu bilden, entschloss ich mich, ein genaues Studium der markständigen Gefässbündel der *Araliaceen*, bei welcher Familie sie häufig angetroffen werden, zu machen, und zwar wählte ich die Araliaceen anlässlich einer Beobachtung am *Hedera*-Blatte, auf die ich unten noch zurückkommen werde. Es sind vor allem die Arbeiten

von Güssow [1]) und von Viguier [2]), die man hier zu Rate zu ziehen hat. Nach ihnen können die markständigen Gefässbündel, ebenso wie die normalen, in einem Kreise angeordnet sein. Sie können aber auch willkürlich zerstreut liegen oder die beiden Möglichkeiten bestehen zur gleichen Zeit bei derselben Art. Bemerkenswert ist die häufig abweichende Orientierung von Holz- und Bastteil in diesen Leitbündeln. Bald sind Leptom und Hadrom unregelmäszig orientiert, bald haben die in der Regel collateralen Gefässbündel eine Drehung um 180° erfahren, was besonders für die in einem Kreise angeordneten zutrifft.

Zwei Tatsachen sind es nun besonders, die mich dazu bringen, dem Vorkommen von markständigen Gefässbündeln jegliche Beweiskraft für die Perikaulomtheorie abzusprechen. Erstens die Entstehung dieser Bündel aus dem normalen Gefässbündelkreise des Stengels und zweitens ihr Vorkommen auch in Blättern.

Ueber ihre Entstehung berichtet Weisz [3]). Er wies für *Aralia racemosa* und *A. edulis* nach, und Güssow bestätigte es für *A. cordata*, dass sie zuerst in dem peripherischen Bündelring verlaufen und dann erst unter Drehung um 180° in das Mark eintreten. Dasselbe findet statt bei der Entstehung von markständigen Leitbündeln in Seitenzweigen. Güssow beschreibt den Eintritt der Gefässbündel in einen beblätterten Zweig für einen Fall, in dem sowohl in einem Kreise angeordnete, wie unregelmäszig zerstreute markständige Leitbündel vorhanden waren, folgendermaszen [4]). „Die Bündel des peripher markständigen

[1]) F. Güssow, Beiträge zur vergleichenden Anatomie der Araliaceae, Diss. Breslau 1900, 68 S. 1 Taf.

[2]) R. Viguier, Recherches anatomiques sur la classification des Araliacées, Ann. sc. nat., Sér. 9, T. IV, 1906, S. 1—207.

[3]) J. E. Weiss, Das markständige Gefässbündelsystem einiger Dikotyledonen in seiner Beziehung zu den Blattspuren, Bot. Centr. bl, XV, 1883, S. 290.

[4]) F. Güssow, l. c., S 34.

Kreises und die in der Mitte des Markes zerstreuten bleiben stammeigen. Im Knoten anastomosieren sie aber mit einander und mit den Bündeln des normalen Kreises. Das ganze Gefässbündelsystem des Zweiges entsteht nun wiederum aus dem normalen Bündelkreise des Hauptstammes, in dem sich im Knoten ein Seitenast von dem Hauptbündelkreis loszweigt und in den Zweig übertritt". Durch wiederholte Verzweigungen entstehen dann zuletzt die peripher markständigen und aus diesen die mitten im Mark zerstreuten Bündel. Mich dünkt, dass ihr somit deutlich nachgewiesener Ursprung aus dem normalen Gefässbündelkreise — nach Potonié zu den Blättern gehörig — klar zeigt, dass die Mark-Gefässbündel unmöglich die ursprünglichen Stengelleitbündel repräsentieren können. Sonst würde man erwarten dürfen, die normalen aus den Markbündeln hervorgegangen zu finden.

Was das Vorkommen von markständigen Gefässbündeln in Blättern anbetrifft, so erinnere ich an die Tatsache, dass Viguier in den Blattstielen vieler Araliaceen-Gattungen ähnliche abweichende Verhältnisse beobachtete, wie in den Achsen. Die normalen Gefässbündel sind auch hier für gewöhnlich in einem Kreise angeordnet. Daneben können markständige Leitbündel in verschiedener Zahl, Lagerung und Orientierung angetroffen werden. Dies zeigt, besser noch als ihre Entstehungsweise, dass die markständigen Gefässbündel als Argument für die Perikaulomtheorie ohne Bedeutung sind: in den Blättern kann man doch beschwerlich die Existenz eines Urstengels annehmen!

Nebenbei sei an dieser Stelle die Beobachtung am *Hedera*-Blatte erwähnt, auf die ich oben hinzielte. In den Hauptnerven fand ich hier oberhalb des groszen normalen Gefässbündels ein kleines und zwar ein verkehrt orientiertes, indem der Holzteil nach unten und der Siebteil nach oben gekehrt war (Taf. X, Fig. 11). Ich glaube diese accessorischen Leitbündel als Markleitbündel betrachten

zu dürfen. Erstens wegen ihrer Lage überhaupt, sowie der inversen Lage von Phloem und Xylem, für Blätter sehr eigenartig. Zweitens, weil sie nicht aus dem Blattstiele, in dem, wie gewöhnlich bei handnervigen Blättern, der Roszkastanie z. B., ebenso viele Gefässbündel, wie Hauptnerven in der Blattspreite vorhanden sind [1]), herrühren, sondern in den Hauptnerven durch eine Verzweigung ihrer Gefässbündel unmittelbar nach dem Eintritt in die Spreite entstehen, was unwillkürlich an das oben über das Entstehen markständiger Gefässbündel in Seitenzweigen Gesagte erinnert. Schliesslich, weil ich, und zwar nicht nur bei *Hedera Helix*, sondern auch bei *H. colchica*, wovon mir ein unweit Gagry am Schwarzen Meere während einer Kaukasusreise im Jahre 1912 gesammeltes Herbarexemplar zur Verfügung stand, die gelappten Blätter der Jugendform, ob klein oder grosz, immer im Besitze von accessorischen Leitbündeln fand, die ganzrändigen der Blühreife-Form dagegen nicht, somit eine Correlation zwischen Form und Bau des Blattes zu existieren scheint, welche Erscheinung man mit der Tatsache im Zusammenhang bringen möchte, dass bei verschiedenen mit *Hedera* verwandten Araliaceen-Gattungen, *Oreopanax* z. B., die Arten mit zusammengesetzten Blättern in den Blattstielen Markbündel aufzuweisen haben, diejenigen mit weniger tief eingeschnittenen Blättern dagegen nicht. Sollte ich richtig sehen, so müsste erstens Güssow's Angabe über das Fehlen von markständigen Leitbündeln bei der Gattung *Hedera* korrigiert werden [2]) und zweitens könnte man, Potonié gegenüber, nicht nur vom Vorkommen mark-

---

[1]) G. Lalanne, Recherches sur les caractères anatomiques des feuilles persistantes des Dicotylédones, Act. de la Soc. Linn. de Bordeaux, 5e Série, T. IV, 1890.

[2]) Tobler sagt auf S. 4 seines Buches „Die Gattung Hedera (Jena 1912)". dass bei Hedera markständige Gefässbündel auftreten. Dies beruht offenbar auf einer Ungenauigkeit in der Tabelle, welche Güssow

ständiger Gefässbündel in Blattstielen, sondern auch von einem solchen in Blattspreiten sprechen.

Ich hoffe hiermit genügend motiviert zu haben, warum ich mich Potonié nicht anzuschliessen vermag, wenn er die Grenze seines Perikauloms gegen die Achse auf die Markperipherie verlegt und es, wie Graf zu Solms—Laubach[1]), für richtiger halte, „sie der Auszengrenze des ursprünglichen Zentralzylinders, die offenbar auszerhalb der Gefässbündel gelegen gewesen sein musste, gleichzusetzen."

Wenden wir uns jetzt noch einmal der Frage zu, die wir zu beantworten in diesem Paragraphen beabsichtigen. Im Lichte der Berindungstheorie ist es ohne Weiteres klar, dass ein Spross sich sehr gut becherförmig gestalten könnte, wenn das eigentliche Sprosswachstum erlöscht. Das Sprossende stellt sich danach aus einer Achse und einem zylinderförmigen Blattfusz zusammen. Fällt die Achse weg, so bleibt der Blattfusz und es wäre gar nicht so verwunderlich, dass derselbe sich nun weiterhin nicht mehr normal entwickeln, sondern eine Trichterform annehmen würde. Ich erinnere in dieser Beziehung an die Mitteilung Beyerinck's, dass die Stiele seiner *Veronica*-Ascidien unten Stengelstructur, in der oberen Hälfte jedoch Blattstielstructur aufzuweisen hatten. Meiner Meinung nach war der untere Teil Stengel mit, der obere Stengel ohne Achse, nur aus der „Rinde" bestehend. Natürlich wäre mit Hinblick auf das Auftreten von nicht becherförmigen Fädchen anzunehmen, dass, wenn das Sprosswachstum sehr früh in der Entwickelung eines neuen Internodiums aufhört, die „Rinde" noch keinen genügenden Entwicke-

---

am Ende seiner Arbeit gibt. Güssow verneint eben die Existenz markständiger Bündel bei Hedera und Tobler behauptet übrigens selbst dasselbe auf S. 12 seines Buches.

[1]) H. Graf zu Solms—Laubach, Bot. Ztg. vom 16. Mai 1903. Siehe auch: Bruno Kubart, Zur Frage der Perikaulomtheorie, Ber. d. deutschen Bot. Ges., Bd. 31, 1913 [1914], S. 567.

lungstrieb hat, um zu der Entstehung eines Bechers Anlasz zu geben. Die Wahl des Namens Sprossbecher erscheint jetzt auch in ein besseres Licht!

Nachdem ich also darzutun versucht habe, dass das Aufhören des Sprosswachstums sehr gut zum Entstehen eines Bechers führen kann, möchte ich nicht unterlassen, noch mit Nachdruck zu betonen, dass das Ergebnis dieser Untersuchung ein doppeltes ist. Erstens beabsichtigt sie, genauer über die Ascidien zu unterrichten. Zweitens geht aus ihr hervor, dass die bei den Pflanzen allgemein verbreitete Eigenschaft, um Kurztriebe zu machen — man denke an die Blüten, an die Phyllocladien, an die Kurztriebe der Nadelgewächse, an die nadelförmigen, blattlosen, als Assimilationsorgane funktionierenden Kurztriebe von *Asparagus* — sich als Anomalie, die ich als taxinomische zu bezeichnen nicht zögere, an verkehrten Stellen äussern kann. Merkwürdigerweise sind die in dieser Weise entstandenen anormalen Kurztriebe, ob becherförmig oder nicht, zu urteilen nach den auf S. 86 mitgeteilten Versuchen, nicht mehr in Langtriebe umzustimmen. Zwar gilt dies auch für viele normalen Kurztriebe, aber hier kennt man doch Beispiele, in denen, sei es das Experiment (Kurztriebe der Nadelgewächse), sei es die Natur selbst (man denke an die Erscheinung der Prolification, beobachtet z. B. bei *Digitalis* [1]), *Plantago* [2])) die Kurztriebe wieder zum Auswachsen brachten.

Ich schliesse meine Besprechung mit einem kurzen Hinweis auf die Bedeutung, welche im Zusammenhang mit dem Grundgedanken der Berindungstheorie, die Erkenntnis, dass ein Vegetationspunkt in Wegfall kommen kann, für verschiedene Probleme der Morphologie hat. Zwei van diesen möchte ich hier erwähnen. Erstens die morphologische

---

[1]) J. C. Costerus, Teratologische verschijnselen bij Digitalis purpurea, Nederl. Kruidk. Arch., 2e ser., Bd. IV, S. 338—344.

[2]) J. C. Costerus, Intracarpellaire prolificatie bij Plantago major. Bot. Jaarb. Dodonaea, Bd. III, 1891.

Bedeutung der *Cucurbitaceen*-Ranken. Bekanntlich betrachtet man diese Organe im allgemeinen als Zweige mit in Ranken umgeänderten Blättern, die unverzweigten im besondern als Zweige mit einem terminalen Blatte. Bisweilen gelingt es bei den letzteren, die Grenze zwischen Stiel und Blatt auf anatomischem Wege zu bestimmen, bisweilen auch nicht. Unwillkürlich wird man zu einem Vergleich mit den Sprossbechern genötigt und es scheint nicht unmöglich, dass auch hier von einem terminal sich Verlängern der „Rinde" um einen eingeschlafenen Vegetationspunkt herum die Rede ist. Zweitens denke ich an die Frage der „pollenbildenden Achsen". Verschiedene Forscher nehmen die Existenz davon an und nennen als Beispiele *Najas, Casuarina, Euphorbia* u.s.w. Die Gegner meinen, dass der Vegetationspunkt hier frühzeitig von dem sich entwickelnden Staubblatte zur Seite gedrängt wird, das in dieser Weise terminal zu stehen kommt und eine pollenbildende Achse blosz vertäuscht. Ich musz es im Zusammenhang mit dem in diesem Aufsatz über die Sprossbecher Mitgeteilten dafür halten, dass keine von beiden Parteien recht hat. Die Blüte ist ein Spross begrenzten Wachstums. Die Erklärung ist deshalb wohl in diese Richtung zu suchen, dass die Staubblätter hier wirklich terminal sind und in derselben Weise, wie unsere Sprossbecher, entstehen. Von pollenbildenden Achsen darf man also nicht reden, höchstens von „Sprossstaubblättern". Man sieht, wie das Studium der Sprossbecher im Hinblick auf die Lösung verschiedener morphologischen Fragen von Vorteil sein kann.

Zusammenfassung der Resultate.

1) Es liegt kein Grund vor, daran zu zweifeln, dass die taxinomisch wichtigen Ascidien nicht auch, ebenso wie verschiedene andere Anomalien, das eine Mal als Halb-

rassenmerkmal, ein andermal als Mittelrassenmerkmal und schliesslich auch als Artmerkmal in die Erscheinung treten können (Textfig. 1 und 2).

2) Die bis jetzt beschriebenen Ascidien können hauptsächlich in einblättrige (incl. becherförmige Excrescenzen (Textfig. 3) und becherförmige Teilblättchen zusammengesetzter Blätter (Taf. IX, Fig. 1)) und zweiblättrige unterschieden werden. Beide Arten von Ascidien werden lateral und terminal an den Sprossen vorgefunden. Die terminalen Ascidien verhindern bald das weitere Wachstum der Sprosse nicht, was namentlich für die einblättrigen zu gelten scheint, bald unterdrücken sie es mehr oder weniger, ohne jedoch den Vegetationspunkt in Wegfall zu bringen, was besonders von den zweiblättrigen gesagt werden kann.

3) Neben diesen Ascidien, die von Haus aus Blattsynfisen und als Blattbecher zu bezeichnen sind, musz man eine zweite Hauptgruppe von gleichfalls mono- und diphyllen Ascidien unterscheiden, die als Sprossbecher den zuerst genannten gegenübergestellt werden können. Charakteristisch für diese Ascidien ist, dass sie terminal sind und die Vegetationspunkte der Sprosse bei ihrem Auftreten ganz und gar in Wegfall kommen. Ihren Ursprung verdanken sie offenbar einer den betreffenden Pflanzen *(Spinacia oleracea*, Arten von *Oenothera)* innewohnenden Eigenschaft, gelegentlich an anormalen Stellen das Sprosswachstum einzustellen, m. a. W. einer bis jetzt noch nicht erwähnten Anomalie.

4) Diese Anomalie bedingt nicht notwendigerweise das Auftreten von Ascidien, wie aus den in den Textfiguren 6 und 7 abgebildeten Zuständen hervorgeht.

ERKLÄRUNG DER TAFELN.

TAFEL IX.

Fig. 1. Poterium Sanguisorba, Blatt mit zwei kleinen Ascidien an der Stelle der beiden obersten gepaarten Blättchen.

Fig. 2 u. f. Spinacia oleracea. Fig. 2. Normaler weiblicher Blütenspross in der Achsel eines Laubblattes des Hauptstengels.

Fig. 3 und Fig. 4. An die Stelle des gesamten Blütensprosses sind ein kleinerer oder ein grösserer Becher getreten.

Fig. 5 und Fig. 6. Das erste Glied des Blütensprosses normal, dort, wo der Blütenspross sich weiter hätte verlängern sollen, ein grösserer oder kleinerer Becher, eventuell sogar ein sehr zartes Fädchen ohne eingedrückte Spitze.

Fig. 7. Zwei Glieder des Blütensprosses normal, die weiteren durch einen Becher vertreten.

Fig. 8. Zweiblättriges Becherchen in einer Laubblattachsel am Hauptstengel.

TAFEL X.

Fig. 1—10. Spinacia oleracea. Fig. 1. Letztes Blatt eines weiblichen Blütensprosses mit geflügeltem Stiel und junger Blütengruppe.

Fig. 2. Wie vor, aber die Blütengruppe fehlt.

Fig. 3—7. Uebergangsstadien zwischen den in den Figuren 1 und 2 abgebildeten Zuständen und schön tutenförmigen Ascidien.

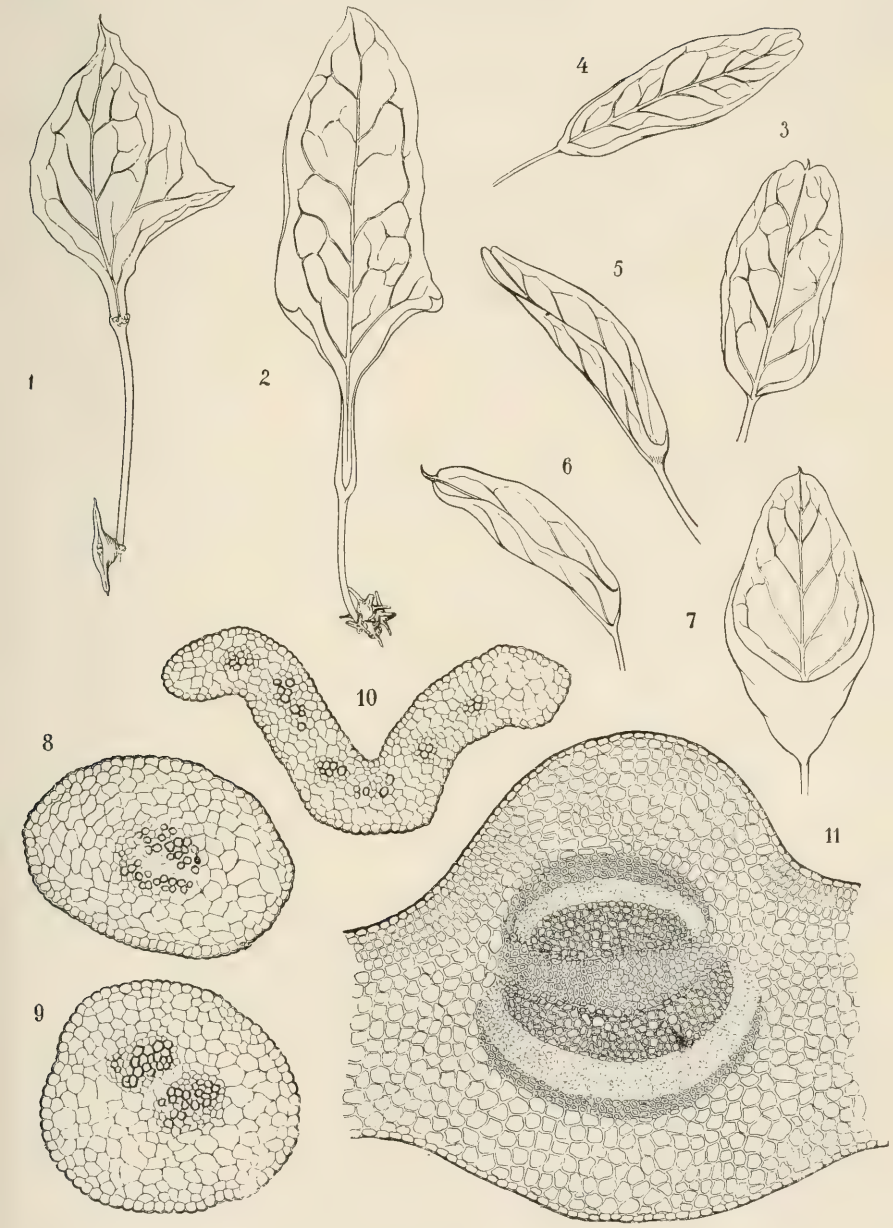
Fig. 8. Querschnitt eines Becherstieles.

Fig. 9. Querschnitt einer korrespondierenden Stelle eines normalen Blütensprosses.

Fig. 10. Querschnitt eines Stieles eines Blütensprossblattes.

Fig. 11. Hedera Helix. Querschnitt eines Blattnerven mit einem verkehrt orientierten accessorischen Gefässbündel.

1
2
3
4
5
6
7
8


1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11

Über die Ursache des Auswachsens des Hypokotyls bei Keimlingen von Avena sativa

von

MARIE S. DE VRIES.

Es ist bekannt, dass bei Kultur der Keimlinge von *Avena sativa* das Auswachsen des Hypokotyls oft beschwerlich ist. Wenn bei einem Keimling von *Avena sativa* das Hypokotyl auswächst, bekommt es oft eine schiefe Richtung, welche es in der Erde schon angenommen hatte und in der Luft beibehält, indem es geotropisch nicht reizbar ist; die Koleoptile biegt sich in einen Bogen empor, ist also nicht zum Experimentieren brauchbar.

In der Literatur findet man verschiedene Meinungen über die Ursache des Auswachsens der Hypokotyle. So meint Blaauw[1]), das Auswachsen werde von niederen Temperaturen verursacht. Dagegen ist Rutgers[2]) der Meinung, das Auswachsen werde von höheren Temperaturen befördert, obwohl er bei höheren Temperaturen ebensogut aufrecht gewachsene Pflänzchen, wie Keimlinge mit ausgewachsenem Hypokotyl erhielt. Rutgers meint aber, die Hauptursache des Auswachsens sei nicht die Temperatur sondern Unreinheit der Luft. Die Zinkgefässe,

[1]) A. H. Blaauw. Die Perzeption des Lichtes. Rec. des Trav. Bot. Néerl. Vol. V; 1909.

[2]) A. A. L. Rutgers. The influence of temperature on the geotropic presentation-time. Rec. des Trav. Bot. Néerl. Vol. IX; 1912.

in welchen die Keimlinge gepflanzt waren, wurden nämlich in zum Abschliessen des Lichtes mit schwarzem Tuche bekleidete und abgedeckte Holzkästen gestellt. Wurden die Holzkästen stets gut ausgelüftet, so war die Zahl der Keimlinge mit ausgewachsenen Hypokotylen klein. Ich schliesse mich ganz der Meinung Rutgers' an; es gelang mir bei früheren Untersuchungen [1]) stets am Besten, aufrecht gewachsene Pflänzchen zu bekommen, wenn ich die Holzkästen oft im Freien auslüftete.

Von Noack [2]) und Arisz [3]) wird das Auswachsen des Hypokotyls dem Feuchtigkeitszustand der Erde in den Gefässen zugeschrieben. Während Noack der Meinung ist, Mangel an Feuchtigkeit sei die Ursache des Auswachsens, schreibt Arisz diese Erscheinung zu grosser Feuchtigkeit des Bodens zu.

Es waren also sehr verschiedene Meinungen geäussert über die Ursache des Auswachsens des Hypokotyls und zwar waren dafür verantwortlich gemacht:

1⁰ niederen Temperaturen.
2⁰ höheren Temperaturen.
3⁰ Trockenheit der Erde.
4⁰ Feuchtigkeit der Erde.
5⁰ Unreinheit der Luft.

Es schien wünschenswert, den Einfluss dieser verschiedenen Faktore auf die Keimung noch einmal genau zu prüfen.

Die etiolierte Keimlinge wurden in folgender Weise gezogen: die von den Spelzen befreiten Haferkörner [4])

---

[1]) M. S. de Vries. Der Einfluss der Temperatur auf den Phototropismus. Recueil: Vol. XI; 1914.

[2]) K. Noack. Die Bedeutung der schiefen Lichtrichtung für die Helioperzeption parallelotroper Organe. Zeitschr. f. Botanik. Jahrg. VI; 1914.

[3]) W. H. Arisz. Untersuchungen über den Phototropismus. Recueil XII; 1915.

[4]) Gearbeitet wurde mit Svalöf's „Goldregnshavre".

kamen während zweier Tage auf feuchtem Filtrirpapier zum Keimen. Das feucht gehaltene Filtrirpapier lag auf einer Glasplatte zwischen zwei erdenen Schüsseln. Nach zwei Tagen wurden die Körner in Zinkgefässe gepflanzt, welche dann entweder in mit schwarzem Tuche bekleidete Holzkästen oder in einen Thermostat im Zimmer für konstante Temperatur des botanischen Instituts der Universität Utrecht gestellt wurden.

Um die Resultate der Kultur bei konstanter und nicht konstanter Temperatur zu vergleichen, wurden die Holzkästen mit Keimlingen entweder ins Zimmer für konstante Temperatur oder ins Gewächshaus gestellt. Die Temperatur im Glashaus schwankte um einige Grade (etwa 16 bis 20° C).

Zwei Reihen von Versuchen ermöglichten den Vergleich der Kultur in reiner und unreiner Luft. In einigen der Holzkästen wurde die Luft so frisch wie möglich gehalten, indem ich sie oft auslüften liess. In anderen aber war die Luft nicht frisch, indem die Kästen nur zum Hineinstellen oder Herausnehmen der Pflänzchen geöffnet wurden. Die Kultur in reiner oder unreiner Luft geschah sowohl bei konstanter als bei nicht konstanter Temperatur.

In beiden Versuchsreihen wurde die Erde der Gefässe entweder trocken, normal feucht oder sehr feucht gehalten, um den Einfluss des Feuchtigkeitszustandes zu prüfen.

Die Pflänzchen wurden also zu gleicher Zeit gezogen bei konstanter oder nicht konstanter Temperatur, in reiner oder unreiner Luft, in trockener, normal feuchter oder sehr feuchter Erde.

Die Kultur der Keimlinge bei nicht konstanter Temperatur im Glashaus in reiner (Tabelle I) oder unreiner Luft (Tab. II).

Die Pflänzchen wurden in Holzkästen in reiner oder unreiner Luft gezogen; in beiden Fälle wurden drei Reihen von Versuchen gemacht; die Erde der Gefässe war entweder trocken, normal feucht oder sehr feucht.

Das Resultat dieser Versuche zeigen die Tabellen I und II. Die verschiedenen Spalten der Tabellen geben der Reihe nach das Datum der Versuche und die Zahl der Pflänzchen mit ausgewachsenen Hypokotylen in Gefässen mit trockener, normal feuchter und sehr feuchter Erde an. Mit Zahl ausgew. Pfl. wird gemeint: die Zahl der Pflänzchen mit ausgewachsenen Hypokotylen. **Jedes Gefäss enthielt 20 Pflänzchen.**

Tabelle I.

Pflänzchen im Gewächshaus in ausgelüfteten Kästen gezogen; Temperatur nicht konstant (16 bis 20° C.).

Datum.	Erde trocken. Zahl ausgew. Pfl.	Erde normal feucht. Zahl ausgew. Pfl.	Erde sehr feucht. Zahl ausgew. Pfl.
8 VIII '16	2		
	2		
	2		
	1		
	1		
9 VIII '16			2
			1
			1
17 VIII '16		2	2
		2	2
18 VIII '16			1
			3
25 VIII '16			1
			2
			1
26 VIII '16		1	
		1	
		2	
		1	

Tabelle II.

Pflänzchen im Gewächshaus in nicht ausgelüfteten Kästen gezogen; Temperatur nicht konstant (16 bis 20° C.).

Datum.	Erde trocken. Zahl ausgew. Pfl.	Erde normal feucht. Zahl ausgew. Pfl.	Erde sehr feucht. Zahl ausgew. Pfl.
7 VIII '16		9 10 10 9 9	
9 VIII '16	12 11 8 9		
13 VIII '16		10 12	12 10
18 VIII '16		10 10	
25 VIII '16		9 10 10	9 9

Wie sich aus den Tabellen I und II ergibt, hat der Feuchtigkeitszustand des Bodens keinen Einfluss auf das Auswachsen des Hypokotyls; die Unreinheit der Luft aber ist die Ursache, dass bei etwa 50 Prozent der Keimlinge das Hypokotyl auswächst.

Die Kultur der Keimlinge bei konstanter Temperatur in reiner (Tabelle III) und unreiner Luft (Tabelle IV).

Eine zweite Reihe von Versuchen bezog sich auf die Kultur bei konstanter Temperatur. Die Pflänzchen wurden

in ausgelüfteten oder nicht ausgelüfteten Holzkästen im Zimmer für konstante Temperatur gezogen; die Erde der Gefässe war trocken, normal feucht oder sehr feucht. Die Tabellen III und IV zeigen die Resultate.

Tabelle III.

Pflänzchen im Zimmer für konstante Temperatur bei 20° C. in ausgelüfteten Kästen gezogen.

Datum.	Erde trocken. Zahl ausgew. Pfl.	Erde normal feucht. Zahl ausgew. Pfl.	Erde sehr feucht. Zahl ausgew. Pfl.
9 VIII '16		2	2
		1	1
10 VIII '16		2	
		3	
		2	
		1	
12 VIII '16	2	1	2
	2	2	3
		2	
13 VIII '16	1	2	3
	2	2	2
15 VIII '16	1	2	2
	2	1	2
		2	1
19 VIII '16		1	1
		1	2
		2	1
20 VIII '16		1	1
		2	1
		2	2

Tabelle IV.

Pflänzchen im Zimmer für konstante Temperatur bei 20° C. in nicht ausgelüfteten Kästen gezogen.

Datum.	Erde trocken. Zahl ausgew. Pfl.	Erde normal feucht. Zahl ausgew. Pfl.	Erde sehr feucht. Zahl ausgew. Pfl.
13 VIII '16		9	9
		8	9
16 VIII '16	9	10	12
	10	12	11
19 VIII '16	9		
	10		
20 VIII '16		8	9
		10	8

Die Resultate dieser Versuche sind dieselben wie der, in den Tabellen I und II zusammen gefassten: grössere oder geringere Feuchtigkeit der Erde hatte keinen Einfluss; die Unreinheit der Luft veranlasste auch hier das Auswachsen des Hypokotyls bei etwa 50 Prozent der Keimlinge.

Wenn man sich die Tabellen I und III ansieht, ergibt sich, dass bei 5 bis 10 Prozent der, in den ausgelüfteten Kästen gezogenen, Pflänzchen das Hypokotyl ausgewachsen ist. Dies könnte dadurch veranlasst sein, dass die Luft in den ausgelüfteten Kästen nicht ganz frisch bleibt. Ist dies der Fall, so müsste man bei Kultur in vollkommen reiner Luft das Fehlen der Erscheinung des Auswachsens erwarten.

Die Gefässe mit Keimlingen wurden dazu in einen Thermostat, durch welchen, mit Hilfe einer Wasserstrahlluftpumpe frische Luft geführt wurde, gestellt. In fünf Gefässen, welche alle 20 Keimlinge enthielten, waren alle Pflänzchen aufrecht gewachsen.

Wurde keine frische Luft durchgeführt, wurde die Luft im Thermostat also allmählich unrein, so gab es wieder eine bestimmte Zahl der Keimlinge mit ausgewachsenem Hypokotyl.

Der Einfluss höherer Temperatur[1]).

Um den Einfluss höherer Temperatur auf das Auswachsen der Hypokotyle zu prüfen, wurden die Pflänzchen im Thermostat bei 30° C. gezogen. Wenn reine Luft durchgeführt wurde, wuchsen in 5 Gefässen, welche alle 20 Keimlinge enthielten, alle Pflänzchen aufrecht.

Wurde keine frische Luft durchgeführt, so wuchsen, wie die Tabelle V zeigt, bei etwa 45 Prozent der Keimlinge die Hypokotyle aus.

Tabelle V.

Pflänzchen im Thermostat bei 30° C. gezogen; keine frische Luft durchgeführt.

Datum.	Zahl ausgew. Pfl.
	9
23 VIII '16	9
	10
	8
	8
26 VIII '16	9
	9
	10

[1]) Versuche über Kultur bei niederen Temperaturen habe ich jetzt nicht vergenommen. Wenn ich aber bei früheren Untersuchungen die Keimlinge im Thermostat bei 10 oder 15° C. zog, so wuchsen die Pflänzchen sehr schön aufrecht. Indem das Auswachsen, wie wir sehen werden, von der CO_2-Entwickelung bei der Atmung verursacht wird, kann es uns nicht wundern, dass bei Kultur bei niederen Temperaturen die Keimlinge aufrecht wachsen; ist doch die Atmung und also auch die CO_2-Entwickelung bei niederer Temperatur geringer wie bei höherer.

Aus dem oben Gesagten kann man schliessen, das Auswachsen des Hypokotyls werde von Unreinheit der Luft verursacht. Es ist eine Tatsache, dass, je öfter man die Holzkästen, in welchen die Pflänzchen gezogen werden, auslüftet, desto kleiner die Zahl der Keimlinge mit ausgewachsenem Hypokotyl. Je weniger man die Holzkästen auslüftet, desto grösser ist diese Zahl.

Das „unrein werden" der Luft könnte von der Atmung der Keimlinge veranlasst sein, also auf CO_2-Entwickelung beruhen. Ist dem so, dann muss man bei Kultur in mit CO_2 gesättigter Luft eine grosse Zahl der Keimlingen mit ausgewachsenem Hypokotyl erwarten.

Die Keimlinge wurden zu diesem Zweck im Thermostat bei 20° C. gezogen. Ein Kipp'scher Apparat war, statt der Wasserstrahlluftpumpe, mit dem Thermostat verbunden und so konnte ganz leicht CO_2 hineingepresst werden.

Wie sich aus der Tabelle VI ergibt, ist hier die Zahl der Keimlinge mit ausgewachsenem Hypokotyl viel grösser, wie bei den Pflänzchen, welche in unreiner Luft in den Holzkästen gezogen waren (z. B. Tabelle II), was uns auch nicht wundern kann; ist doch die Menge der hineingepressten CO_2 viel grösser, wie die Menge CO_2, welche allmählich in Folge der Atmung der Keimlinge in den Holzkästen entwickelt wird.

Tabelle VI.

Pflänzchen im Thermostat bei 20° C. gezogen; CO_2 wird hineingepresst.

Datum.	Zahl ausgew. Pfl.
	14
	15
29 VIII '16	16
	14
	15

Das Auswachsen der Hypokotyle bei Keimlingen von Avena sativa wird also von der CO_2-Entwickelung bei der Atmung verursacht.

Utrecht, Botanisches Institut der Universität, Dezember 1916.

SOMMAIRE.

Theo J. Stomps. Blattbecher und Sprossbecher. Mit Tab. IX und X und 7 Textfig. 61

Marie S. de Vries. Über die Ursache des Auswachsens des Hypokotyls bei Keimlingen von Avena sativa 109

Recueil

des

Travaux Botaniques Néerlandais,

publié par la

Société Botanique Néerlandaise,

sous la rédaction de M. M.

M. W. Beyerinck, H. Heukels, J. W. Moll,
Ed. Verschaffelt, Hugo de Vries et
F. A. F. C. Went.

Volume XIV. Livraison 3 et 4.

Nachdruck und Uebersetzung verboten.
Overneming van eenig artikel uit dit tijdschrift is verboden,
overeenkomstig art. 15 en 16 van de auteurswet 1912.

M. de Waal. — 1917. — Groningue.

RECUEIL

DES

TRAVAUX BOTANIQUES NÉERLANDAIS.

Recueil

des

Travaux Botaniques Néerlandais,

publié par la

Société Botanique Néerlandaise,

sous la rédaction de M. M.

M. W. Beyerinck, H. Heukels, J. W. Moll,
Ed. Verschaffelt, Hugo de Vries et
F. A. F. C. Went.

Volume XIV. Livraison 3 et 4.

Nachdruck und Uebersetzung verboten.
Overneming van eenig artikel uit dit tijdschrift is verboden,
overeenkomstig art. 15 en 16 van de auteurswet 1912.

M. de Waal. — 1917. — Groningue.

SOMMAIRE.

Dr. Bj. Palm and Dr. A. A. L. Rutgers.	The Embryology of Aucuba Japonica. With 12 Textfig.	119
C. van Zijp.	Beiträge zur Kenntnis der Zingiberaceën. Mit Tab. XI—XIII	127
Dr. A. Rant.	The white Root-Fungus of Cinchona. With Tab. XIV	143
U. P. van Ameijden.	Geotropism and Phototropism in the absence of free oxygen. With Tab. XV—XIX	149
Ina Voormolen.	Index alphabétique . . .	218

The Embryology of Aucuba Japonica

by

Dr. Bj. PALM und Dr. A. A. L. RUTGERS.

In 1878 Eichler made the suggestion that Aucuba japonica might develop fruits apogamously, supporting his opinion on the fact, that he had found well developed embryos though male plants were entirely absent. Nothing having in the meantime been published for or against the the theory of Eichler, Winkler (1908) in his work over parthenogenesis in plants ranged Aucuba amongst the doubtful cases.

Winkler's article caused the second of us writers, when yet being assistant at the botanical laboratory in Utrecht, to take up a cytogical and embryological study of Aucuba. But, leaving Holland for India, the till then obtained results were not published, though the main points of the research were already settled. His meeting in the same laboratory in Buitenzorg with the first named of the authors caused them to work out together the following account.

The question of apogamy in Aucuba was soon settled.

All facts found join to prove this not to be the case. Already the experience of the growers tend to show that.

In the platework "Flora" — by the hortulanus Witte

MAR 1 6 1918

of Leiden — we read that the japanese Aucuba, introduced into Europe for its decorate leaves, only then began to produce the beautiful red berries, when male individuals were brought over from Japan. And the "Revue horticole" for 1909 makes the statement that the female Aucuba japonica was introduced into Europe about 1783, but no fruits were found till 1860, when male plants came into european cultivation.

The following experiments show the absolute necessity of pollination. Out of 300 female flowers, isolated by means of paper bags, not a single fruit was formed. And again, 600 other female flowers, that, had been isolated in the same manner after artificial pollination, the great majority produced normal fruits.

Probably Eichler has come to his opinion about Aucuba through the fruiting of a lonely standing female plant, which occasionally had developed male flowers. This is suggested by the fact, that the second writer repeatedly has found male flowers on female stocks. In one case. too, a male inflorescence with 80 purely male flowers was met with on a female plant.

That the reversed might happen, has been found by Lombard—Dumas (1904). This author reports male individuals now and then producing female flowers.

To confirm these observations microscopically, material of Aucuba was fixed and cut. The development of pollen and embryosac offers nothing very unusual. The pollen was easily made to germinate in three hours.

The fact, that Aucuba shows no case of apogamy, is clearly demonstrated by the number of chromosomes in the nuclei of different tissues.

In the second division of the embryosac mother cell 18 chromosomes were numbered in one case and 17 in another. During the pollen formation the number 18 was found, too, in several instances. The nuclei of root tips

gave the 2x number of chromosomes repeatedly as 36. In the endosperm the exact number was not made out with absolute exactness. In one mitosis, however, 48 chromosomes could clearly be distinguished of which number at least 30 were nicely arranged in pairs. The figure 54 was awaited, but rather often, as Tischler (1916) recently has pointed out, a lower number is found.

These figures make it highly probable that $x = 18$ and $2x = 36$.

The female flowers of Aucuba remain open for a rather long time. The embryosac is usually not ready untill about 4 weeks after the opening of the flowers. When the flowers open, the megaspores are either not yet or just formed. The divisions in the embryosac take place at long intervals.

Already Warming (1878) described the ovulum of Aucuba japonica as provided with a single, thick integument, surrounding a rather strongly developed nucellus. Figs 1—2 show these features better than any description. The next two figs have been drawn to point out another point of interest [1]). In fig. 3 is the single embryosac mother cell covered with a tapetum only of some few cellayers thickness. This tapetum increases rapidly in all dimensions and has, on fig. 4, already buried the embryosac mother cell at the bottom of the nucellus, where the gametophyte will remain during the following development. As a mighty cap on the embryosac the tapetum continues its growth till late in endospermformation. The ripe embryosac occupies only about $^1/_4$ of the nucellus and seems to get a certain amount of nutrition from there for the ripening of the embryo, the cells of the nucellus being largely filled up with starch grains about that period. In other, till now studied members of Cornaceae, belon-

---

[1]) Figs 3—12 200 ×.

ging to the genera Benthamia (Jönson 1880) and Davidia (Horne 1909), a rather massiv nucellus has been found. But they differ from Aucuba in that respect that in both genera a many celled sporogenous tissue is developed; in Aucuba we have always seen, as stated above, but a single archesporial cell (figs 3-5).

The embryo sac mother cell having been definitely buried at the base of the nucellus, the negaspores are formed quite normally (fig. 5—7) Almost invariably, of the four

Fig. 1.

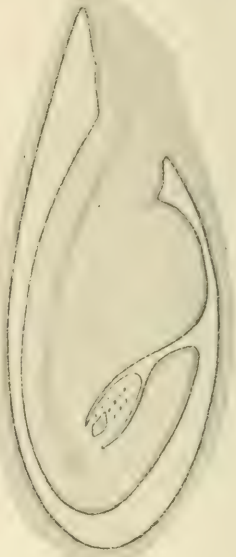


Fig. 2.

Fig. 3.

Fig. 4.

Fig. 5.

Fig. 6.

megaspores the upper three begin to desintegrate it deserves to be observed that they by no means are crushed by the growing young embryosac, as is so commonly seen.

Figs 8 and 9 depict the gradual disappearance of their cell content.

In one case, however, it was found that both the megaspores nearest the chalaza and the next following one had begun to germinate. Fig. 10 shows the former one containing two nuclei in resting condition and the later one with the nucleus preparing to divide. The two crushed upper megaspores are to be seen as a dark staining mass on the top of the "row of two". Similar diviations from the usual course of events are regularly met with in Benthamia and Davidia, where either all, the middel one or the chalazal one of the megaspores formed

Fig. 7.

Fig. 8.

Fig. 9.

Fig. 10.

in the great sporogenous tissue begin to struggle for dominance. Even for the related family of Araliaceae Ducamp (1902) has figured ressembling stadia. Most often such "abnormalities" are met with only occasionally, especially, when scanty material is used; surely they are of more common occurence than generally supposed and should never be neglected. In another paper one of us (Palm 1915) has discussed at some length the different factors that might be supposed to bring about the growing out of the chalazal megaspore as well as of other cells of the tetrade.

It should be mentioned, too, that the sort of megaspore

formation found in Aucuba, suffers from one exception in the family. So in Cornus florida, as reported by Morse (1907). In this plant no walls separate the four megaspore nuclei; they remain in the same mass of cytoplasm, where the upper three of them degenerate.

The development of the gametophyte of Aucuba, posterior to megaspore formation, has proved to be

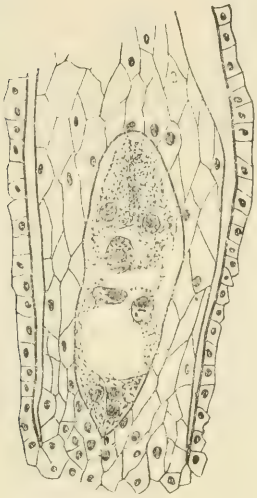


Fig. 11.

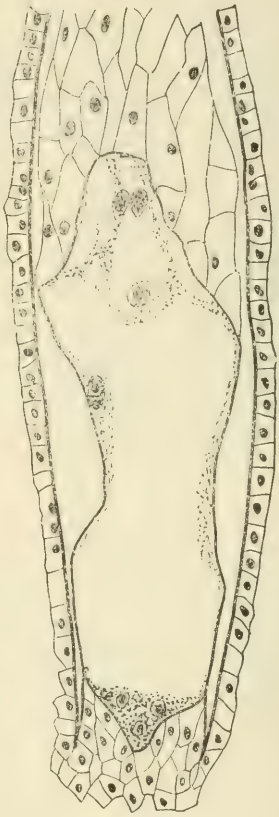


Fig. 12.

remarkably uniforme and as it does not in any respect deviate from the normal type amongst Angiosperms, no figures or description were deemed necessary. The ripe embryosac contains the two rather big synergids — with the characteristical reticulated appearance topwards — the well defined eggcell, the two polars and the three minute antipodals (fig. 11).

The embryo sac is not sooner formed, as it seems, than fertilization might occur. Always fertilization is proceeded by the fusion of the polars. Too, the formation of endosperm is somewhat previous to the begin of the growth of the embryo, so the resting oosphere might sometimes be easily overlooked in the rapidly growing mass of endosperm.

Fig. 12 figures an exception. We feel justified to believe that in this case no fertilization has occured. Nevertheless a considerable growth of the whole sac has taken place as a comparision between figs. 11 and 12 will show. The sac is in an indubitable state of degeneration, the scanty amount of strongly vacuolated protoplasm illustrating that fact sufficiently. The other parts of the ovulum are quite healthy. In spite of the non-occurence of fertilization, the development might, as we have found in some rare cases, be continued to embryoless fruit; of course, then, the embryosac sooner or later completely degenerates. Thus Aucuba japonica is added to the growing list of plants, capable of forming parthenocarpic fruits (Tischler 1912).

In spite of prolonged search we have not been able to find in the material at hand the early stages of endosperm formation. The youngest endosperm seen, contained already sixteen nuclei, each of wich was separated from its neighbours by delicate cell walls. The arrangement of the cells gives the impression that the content of the embryosac has undergone regular division by means of walls since the starting of endosperm formation; but unfortunately we cannot be positiv on that point. As nothing is known about endosperm in Cornaceae, a solution of that question would be rather interesting from many points of view. At the endosperm stage spoken of above, the cells seem to be, at least at the bottom of the embryosac, arranged in two more or less regular rows while upwards their position is more irregular. The lower

endosperm cells have a denser plasma and nuclei richer in chromatin, thus suggesting "haustorical" activity. Later stages show the embryosac wholly filled up with a massiv cellular endosperm.

LITERATURE CITED.

Ducamp, L. (1902). Recherches sur l'embryogenie des Araliacées. Ann. Sci. nat. 8 sér. Bot. Bd. 15.

Eichler, A. W. (1878). Blüthendiagramme. Bd. 2. Leipzig 1878.

Horne, A. S. (1909). The Structure and Affinities of Davidia involucrata Baill. Trans. Linn. Soc. London. (II).

Jönsson, B. (1879—80). Om embryosäckens utveckling hos Angiospermerna. Lunds univ: årsskr. Bd. 16.

Lombard—Dumas (1904). Variations sexuelles de l'Aucuba japonica. Bull. soc. bot. France. Bd. 51.

Morse, W. C. (1907). Contribution to the Life History of Cornus florida. Ohio Nat. Bd. 8.

Palm, Bj. (1915). Studien über Konstruktionstypen und Entwicklungswege des Embryosackes der Angiospermen. Diss. Stockholm, 1915.

Tischler, G. (1912). Über die Entwicklung der Samenanlagen in parthenokarpen Angiospermenfrüchten. Pringsh. Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. 52.

Tischler, G. (1916). Chromosomenzahl, — Form und — Individualität im Pflanzenreiche. Progr. rei bot. Bd. 5.

Warming, E. (1878). De l'ovule. Ann. sci. nat. 6 sér. Bot. Bd. 5.

Winkler, H. (1908). Über Parthenogenesis und Apogamie im Pflanzenreiche. Progr. rei bot. Bd. 2.

Beiträge zur Kenntnis der Zingiberaceën

von

C. van ZIJP.

Mit Tab. XI—XIII.

---

3. Temu lawak (Curcuma species).

Temu lawak ist der javanische Name einer *Curcuma*-art, deren Rhizom in der javanischen Heilkunde sehr geschätzt ist als ein Mittel gegen Erkrankungen der Leber. Das Rhizom ist so allgemein bekannt und wird so oft angewendet, dass die niederländische Pharmakopoe Ed. 4. es unter dem Namen: „Rhizoma Curcumae longae javanicae Linn." aufgenommen hat. *Curcuma longa* müsste dann also die Stammpflanze sein. Auch Heyne (De nuttige planten van Ned. Indië I. p. 208) nennt sie *C. longa* L. var. *major*. Dem ist aber nicht so. Rhizome von *temu lawak*, die ich aus Batavia (Westjava), Djocdja (Mittel-java) und Malang (Ostjava) erhielt und die ich auspflanzte, erzeugten alle ein und dieselbe Pflanze. Der einheimische Name ist also in ganz Java derselbe. Diese Pflanze nun gehört zur Exantha-Gruppe, sie kann also nicht *C. longa* sein, da diese central blüht. Koorders (Exkursionsflora für Java I. p. 320) und De Clercq (Nieuw plantkundig woordenboek voor Ned. Indië p. 214) führen *temu lawak* unter *C. Zedoaria Roscoe* an. Auch dieser Name ist nicht richtig. Der echte *temu lawak* weicht von dieser Art unter anderem durch die orange Farbe des Rhizoms und durch die ausgesprochen rosa Korollappen ab.

Mit Schumanns Conspectus specierum für *Curcuma*

(Schumann, *Zingiberaceae* in Engler, Pflanzenreich IV. 46) kam ich bei der Bestimmung meines Materials zu *C. xanthorrhiza* Roxb. Doch stimmen meine Pflanzen in verschiedener Hinsicht nicht ganz mit der von Schumann gegebenen Beschreibung für *C. xanthorrhiza* überein. Aus einem Briefwechsel mit Dr. Valeton Sr. ergab sich, dass Dr. Valeton *temu lawak* für *C. xanthorrhiza* hält. Er sagt darüber: „Ich halte *temu lawak* für *C. xanthorrhiza*, und obwohl ich es nicht beweisen kann, kann auch niemand das Gegenteil beweisen". Dem ist so. Dennoch glaube ich davon absehen zu müssen, *temu lawak* als *C. xanthorrhiza* zu bezeichnen und zwar aus den folgenden Gründen. Dr. Valeton sagt, dass die Beschreibung, die Schumann von *C. xanthorrhiza* gibt, nicht richtig ist. Auch wenn dem so ist, so wäre es doch gewünscht, für die Behaarung der Blätter (Schumann sagt, dass sie unterseits behaart sind, mein Material ist kahl) etwa noch vorhandenes originales Herbariummaterial von Roxburghs *C. xanthorrhiza* vergleichen zu können.

Dr. Valeton hält *temu lawak* für *C. xanthorrhiza*, weil die kurze Beschreibung Roxburghs von *C. xanthorrhiza* (die aber nur zwei Merkmale nennt, dass nämlich diese Art lateral blüht und ihre Wurzelknollen durch und durch gelb sind) nur auf diese Art und auf keine andere Art von Java passt. Auch dies scheint mir nicht ausreichend zu sein, um *temu lawak* für *C. xanthorrhiza* anzusehen. Denn orange Wurzelknollen finden sich nicht allein bei *temu lawak*. In meiner lebenden Sammlung befindet sich eine noch nicht bestimmte andere *Curcuma*-art mit orange Rhizom und mit Wurzelknöllchen, die teilweise im Inneren ebenso stark orange gefärbt sind wie die von *temu lawak*. Wohl blüht diese Art central. Aber wo es sich herausgestellt hat, dass selbst für Java nicht alle *Curcuma*-Arten gut bestimmt sind, und Dr. Valeton und ich feststellen konnten, dass auf Java noch einige Arten vorkommen, die

noch beschrieben werden müssen, scheint es mir nicht unmöglich, dass im Archipel noch eine zweite Art vorkommen kann, die lateral blüht und gelbe oder orange Wurzelknollen besitzt.

Roxburgh sagt, dass seine *C. xanthorrhiza* auf Ambon wächst. Es ist also nicht ausgeschlossen, dass er eine andere Art wie die auf Java wachsende *temu lawak* beschrieben hat.

Da gerade an *temu lawak* soviele verkehrte Namen gegeben sind, glaube ich vorläufig davon absehen zu müssen, *temu lawak C. xanthorrhiza* zu nennen oder daran einen neuen Namen zu geben. Wie oben gesagt, ist der Name *temu lawak* in ganz Java derselbe. Ich will diese Art darum auch unter diesem Namen als *Curcuma*-Art beschreiben. Sie ist unter anderem gekennzeichnet durch das Aussehen des Rhizoms, durch die orange Wurzelknöllchen und durch die ausgesprochen rosa Korollappen.

Beschreibung der Pflanze (nach in der vollen Sonne aufgewachsenen Exemplaren) [1]).

Höhe bis 2,5 m. Blätter und Blütenstände in der Regenzeit gebildet. Die oberirdischen Teile sterben zu Anfang der trockenen Zeit ab, um im Beginn der Regenzeit wieder auszulaufen. Nachdem die Blätter abgestorben sind, besteht das kräftig entwickelte Rhizom aus einer oder mehreren grossen Hauptknollen mit wenigen kurzen Rhizomästen und sehr vielen radices filipendulae. Aus der Spitze der Rhizomäste und auch direct aus den älteren Hauptknollen entwickeln sich die jungen Ausläufer und die Blütenstände. Bei der Aufspeicherung des Reservematerials für die folgende Generation bilden die neuen Ausläufer Hauptknollen. Da die Rhizomäste kurz sind und die Hauptknollen sehr dick werden, ist es verständlich, dass

---

[1]) Die Farben sind nach dem „Code des couleurs von Klincksieck et Valette" bezeichnet.

die Hauptknollen bei stark entwickelten Exemplaren (Taf. XI) einander berühren. Können die Ausläufer sich nicht frei nach oben umbeugen, wenn sie z. b. zwischen zwei Hauptknollen aus diesen zum Vorschein kommen oder wenn sie durch darüber liegende Rhizomäste gehindert werden, dann biegen sie erst seitlich um. Dadurch wird es verständlich, dass die Hauptknollen und Rhizomäste nicht immer in derselben Fläche liegen, wie das bei der zweireihigen Anordnung der Blätter zu erwarten wäre.

Hauptknollen kräftig entwickelt, kurz eiförmig, bis 11 cm lang und bis 10 cm dick, die Spitze sehr selten scharf zugespitzt, meist in einem Winkel von 80—105°, zuweilen in einem Winkel von 40°. Rhizomäste, die sich direct aus der Hauptknolle entwickeln, (ich nenne diese 1. Ordnung) gerade oder nach oben umgebogen, nur an der Unterseite einige Rhizomäste 2. Ordnung bildend, 1,5—13 cm lang und 2—3,5 cm dick. Rhizomäste 2. Ordnung kurz, am Grunde meist sehr dünn, nach aussen hin meist schnell dicker werdend, bis 4 cm lang und bis 2,3 cm dick. Rhizomäste der 3. Ordnung aus denen 2. Ordnung entstehend, aber beinahe nicht entwickelt und vereinzelt. Rhizom-Internodien 0,5—2 cm lang. Hauptknollen und Rhizomäste, besonders um die Spitze, mit der Lupe betrachtet, stark anliegend behaart, innen orange (no. 151) gefärbt, Geschmack aromatisch bitter, Geruch aromatisch. Die radices filipendulae einschliesslich der Wurzelknöllchen bis 40 cm, meist 25—27 cm lang. Wurzelknöllchen umgekehrt eiförmig, nach oben kurz, nach unten lang zugespitzt, 3—10, meist 7—8 cm lang, an der dicksten Stelle 1,5—2,5 cm dick, innen orange (± no. 131).

Scheinstengel unten lose umgeben durch meist zwei grüne, überirdische, Scheiden ohne Scheibe. Blätter zweireihig, länglich und lanzettlich, 6—7, zuweilen 5 in Anzahl, oben fein zugespitzt, am Grunde allmählich schmäler werdend und in den an der Oberseite gefurchten Blattstiel über-

gehend, die 3 unteren meist ungestielt, die 3—4 oberen gestielt. Stiel der oberen Blätter 10—30 cm lang. Blattscheide und Blattstiel grün. Die Blattscheibe des untersten Blattes 38—50 cm lang und 15—20 cm breit, die des obersten Blattes 100—110 cm lang und 14—20 cm breit, die des vierten Blattes von unten 77—90 cm lang und 18—28 cm breit. Mittelnerv an der Oberseite mehr oder weniger purpurn gefärbt, zuweilen fast ungefärbt. Die purpurne Farbe strahlt ein wenig seitlich in die Blattscheibe aus. Mittelnerv an der Unterseite grün, zuweilen sind einige Blätter seitlich davon etwas purpurn gefärbt. Sonst sind die Blätter grün und beiderseits kahl. Die Ligula bildet eine V-förmige Figur in der Furche des Blattstiels. Sie ist nur ± 2,5 mm lang und ragt nicht über die Furche im Blattstiel hervor.

Die Ähre ist lateral, cylindrisch, nach oben breiter werdend, ohne den Stiel 20—30 cm lang, oben 11—14, unten 8—10 cm breit. Stiel der Ähre grün, bis 20 cm lang, 10—17 cm hoch über die Erde hervorragend, nur wenige cm davon sichtbar, der Rest eingeschlossen von grünen Niederblättern. $^1/_4$—$^1/_3$ der Ähre wird eingenommen durch die auffallend gefärbte Coma. Comabracteen purpurrot, zuweilen weiss gefleckt, an der Spitze purpurweinrot (zwischen no. 551 und 577), mit einem zugespitzten Schnäbelchen, länglich-breit-elliptisch, bis 4,4 cm breit, 8—8,5 cm lang, innen mehr behaart als aussen, an beiden Seiten stärker behaart als die fertilen Brakteen. Fertile Brakteen auch am Grundc grün (no. 282), nach oben hin und an den freien Rändern rot angelaufen, umgekehrt eiförmig, über ± $^1/_3$ der Länge seitlich verwachsen, 4—5,7 cm breit, die in der Mitte der Ähre ± 5,5 cm lang und oben nur wenig zugespitzt, die unteren 6—7 cm lang und oben mehr zugespitzt, alle mit der Lupe besehen an beiden Seiten kurz behaart. Sie enthalten meist 7 Blütenknospen, wovon sich aber einige nicht entwickeln.

Die Blüten ragen ± $^1/_2$ cm über die Brakteen hervor. Fruchtknoten ± 4,5 mm lang, seidig-hellbraun behaart. Kelch weiss, ± 1 cm lang, an der breitesten Stelle 5 mm breit, ungleich dreizähnig, die Spitze der Zähne rosa gefärbt und abgerundet, mit der Lupe betrachtet, schwach behaart, die Zähne stärker behaart. Kronröhre ± 3,2 cm lang gelb, nach oben hin rosa. Korollappen der geöffneten Blüten ausgesprochen rosa (no. 596) die der geschlossenen Blüten dunkeler (no. 591 oder selbst 586). Die seitlichen Korollappen ± 1,5 cm lang, nicht behaart, an der Spitze ein wenig abgerundet, der dorsale Korollappen ± 1,7 cm lang, an der Spitze ± 2,5 mm lang geschnäbelt. Schnäbel, mit der Lupe besehen, behaart. Seitliche Staminodien hellgelb, kahl, einige mm länger als die seitlichen Korollappen, ± 9 mm breit. Labellum gelb, unterseits oft rosa angelaufen, in der Mitte mit einem dunkelgelben Streifen (no. 181), obovat, flach ausgebreitet ± 2 cm breit und bis zur Verwachsungsstelle ± 1,8 cm lang, dreilappig, das Mittelläppchen ± 3,5 mm tief eingeschnitten, nur wenig hervorspringend, von den Seitenläppchen durch eine Falte getrennt. Staubfaden ± 3 mm lang, am Grunde ± 4 mm breit, Konnektiv nicht über die Thekae hervorragend, Thekae ± 4,5 mm lang, Sporn ± 3 mm lang.

---

4. Curcuma Heyneana Valeton et v. Zijp n. sp. [1])

Dieser Name wurde von Dr. Valeton und mir der

[1]) Diese Art wurde unabhängig von einander und zu gleicher Zeit von Dr. Valeton Sr. und mir in Bearbeitung genommen. Wir verabredeten, sie unter demselben Namen jeder für sich zu veröffentlichen. Sie wurde genannt nach Herrn Heyne, Chef des Museums in Buitenzorg, der diese und andere *Curcuma*-arten für Dr. Valeton sammelte und auspflanzte.

Die Farben sind nach dem „Code des couleurs von Klincksieck et Valette" bezeichnet.

auf Java wachsenden „temu giring" gegeben, die, obwohl allgemein bekannt, noch nicht beschrieben war. Sie wird von den Javanen gebraucht als Heilmittel gegen Fettsucht, Würmer und Maden und bildet den Bestandteil einer Hautsalbe, (boréh), die auch von Arabern, besonders arabischen Frauen, gebraucht wird um den Körpergeruch weg zu nehmen, der sich nach dem Genuss von Ziegenfleisch einstellt. Von Koorders (l. c.) wird sie unter *C. longa* L. und von de Clerq (l. c.) und Heyne (l. c.) unter dem Namen *C. viridiflora* Roxb. aufgenommen. Sie gehört aber zur Exantha-Gruppe und kann darum weder *C. longa* noch *C. viridiflora* sein, die beide zur Mesantha-Gruppe gehören.

Temu giring ist in ganz Java der feste Name für ein und dieselbe Art, die unter anderem charakterisiert ist durch die helle, leuchtend citronengelbe Farbe und die stark zugespitzten Hauptknollen des Rhizoms, durch die zarte Farbe der Coma und der fertilen Bracteen, die sammetartig anfühlen, und durch den spitzen Gipfel der fertilen Brakteen.

Beschreibung der Pflanze (nach in der vollen Sonne wachsenden Exemplaren).

Höhe bis 2 m. Die oberirdischen Teile sterben zu Anfang der Trockenzeit ab und laufen im Anfang der Regenzeit wieder aus. Nach dem Absterben der Blätter besitzt das Rhizom radices filipendulae und besteht dann gewöhnlich aus einer Hauptknolle, aus der an zwei Seiten 4—5 lange Rhizomäste austreten, die selbst wieder verzweigt sind. Zuweilen findet man 2—3 Hauptknollen neben einander. In diesem Falle entwickeln sich die Rhizomäste meist an der freien Seite der Hauptknollen, sodass gewöhnlich die Hauptknollen und die Rhizomäste in einer Fläche liegen. Die Hauptknolle ist länglich elliptisch mit auffallend spitzem Gipfel, bis 13,5 cm lang und bis 6 cm dick. Der Gipfel ist in einem Winkel von 25—40°, meist

± 30° zugespitzt. Rhizomäste ziemlich gerade, horizontal und schief abwärts gerichtet. Rhizomäste 1. Ordnung (die direct an der Hauptknolle entstehen), sehr lang, bis 21 cm lang und bis 3,5 cm dick. Die Rhizomäste 2. Ordnung stehen ± senkrecht auf denen 1. Ordnung und entwickeln sich an zwei Seiten derselben. Sie sind bis 10,5 cm lang und bis 2,5 cm dick. Hauptknollen und Rhizomäste innen hell leuchtend citronengelb (206 oder 236 und dazwischen). Oberfläche der alten Rhizomäste mit der Lupe besehen fast unbehaart, an vielen Stellen, besonders unter den Knospen, besät mit hell- oder dunkelbraunen Punkten und Streifchen, deren Längsrichtung mit der der Rhizomäste zusammenfällt. Schuppen der Rhizomäste (besonders an den jungen Rhizomästen vorhanden) ebenfalls braun punktiert. Rhizom-Internodien 0,5—1,9 cm lang. Das Rhizom schmeckt aromatisch reizend und bitter und riecht aromatisch. Wurzelknöllchen länglich-elliptisch, zuweilen gebogen, beidendig mehr oder weniger zugespitzt, innen hellgelb bis wässerig weiss, um den Gefässbündelring stärker gelb gefärbt. Die Oberfläche der älteren Wurzelknöllchen ist zuweilen warzig, mit der Lupe betrachtet braun punktiert (nicht gestreift), bis 11 cm lang und an der dicksten Stelle bis 3 cm dick.

Scheinstengel unten lose umgeben von meist zwei grünen, oberirdischen, blattlosen Scheiden. Blätter zweireihig, länglich und lanzettlich, 5—9, meist 7 in Anzahl. Das unterste Blatt nicht oder sehr kurz gestielt, die anderen Blätter gestielt. Stiel des obersten Blattes bis 40 cm lang. Die tieferen Blätter sind kürzer gestielt. Blattscheibe des vierten Blattes von unten 75—77 cm lang 22—24 cm breit. Blattscheibe des obersten Blattes bis 90 cm lang, 14—16 cm breit. Blattscheide und Blattstiel grün. Mittelnerv auf der Oberseite grün, bei älteren Blättern in der Mitte mit einem sehr dünnen rostfarbigen Strich, der bei den oberen 2—3 Blättern in der Jugend meist fehlt und erst später

entsteht, an der Unterseite grün. Die übrige Blattscheibe grün, beiderseits kahl, oben fein zugespitzt, am Grunde allmählich schmäler werdend und in den gefurchten Blattstiel übergehend. Ligula als V-förmige Erhöhung in der Furche des Blattstiels, nur ± 3 mm lang, nicht über die Furche hervorragend.

Ähre lateral, ohne den Stiel 13—17 cm lang, cylindrisch, oben breiter werdend, unten 7,5—9, oben 10—12,5 cm dick. Stiel 16—24 cm lang, meist von drei grünen Niederblättern umgeben.

Fertile und Coma-Bracteen unter der Lupe beiderseits kurz behaart, sammetartig sich anfühlend. Coma-Bracteen länglich elliptisch, hell purpur-rosa, an der Basis heller gefärbt, oben dunkeler (± 578 c), ± 6 cm lang, ± 2,4 cm breit, über ± $^1/_5$ der Länge verwachsen, oben spitz. Fertile Bracteen breit elliptisch, oben spitz, über $^1/_3$—$^1/_4$ der Länge verwachsen, grün (291), unten nicht heller oder dunkeler gefärbt, ± 4 cm lang, ± 2,5 cm breit, mit meist 7 Blütenknospen, von denen sich aber nicht alle öffnen.

Die Blüten ragen ± 1 cm aus den Bracteen hervor. Die Länge beträgt ohne den Fruchtknoten bei lebenden Blüten 4,2 cm, bei flach ausgebreitetem Alkoholmaterial 4,6 cm. Kelch weiss, ± 1,2 cm lang, weit-birnförmig, unter der Lupe kurz behaart, mit 3 abgerundeten Zähnen, grösste Breite ± 6 mm, an einer Seite ungefähr bis zur Hälfte eingeschnitten (4—6 mm). Kronröhre hellgelb, glockenförmig, 2,7 cm lang. Kronblätter weiss, bei noch ungeöffneten Blüten an der Spitze hellrosa. Seitliche Kronblätter sehr wenig behaart, das dorsale Kronblatt läuft in einen behaarten, 2—3 mm langen Schnabel aus und ist an der Rückseite gegen die Spitze behaart. Staminodien hellgelb, ± 1,4 cm lang und ± 1,2 cm breit, breit elliptisch, oben abgerundet. Staubfaden hellgelb, 4,5 mm lang, 3 mm breit. Staubbeutel mit weit abstehenden Sporen. Konnektiv in der Form einer kleinen gelben Zunge ein

wenig über die Thecae hervorragend. Labellum gelb, am Rande gewellt, beinahe kreisrund, in der Mitte mit einem dunkleren gelben Streifen (186), flach ausgebreitet ± 1,8 cm breit und bis zur Verwachsungsstelle ± 1,9 cm lang, Mittelläppchen ± 4 mm tief eingeschnitten, fast nicht von den Seitenläppchen getrennt.

Der Vollständigkeit wegen verweise ich nach Dr. Valeton's Veröffentlichung: „New Notes on Zingiberaceae of Java and the Malay Archipelago". Einige Unterschiede sind wahrscheinlich verursacht durch die abweichenden Bedingungen, worunter seine Pflanzen aufgewachsen sind. Die *Curcuma*-arten sind sehr empfindlich für Unterschiede im Klima und in der Höhenlage. So blühen in Malang einige Arten niemals oder selten, die an anderen Arten wohl blühen. Dr. Valeton sagt dass die Staminodien von *C. Heyneana* breiter sind als die aller anderen Arten. Ferner gibt Dr. Valeton noch einige lokale Namen an. Auch machte Dr. Valeton mich darauf aufmerksam dass bei dieser Art die Thecae über den unteren Rand der Staubbeutel sich mehr oder weniger an der Vorderseite der Sporen fortsetzen. Bei einer nachträglichen Untersuchung habe ich diese besonders typische Erscheinung auch an meinen Blüten feststellen können.

Curcuma Heyneana, Val. et v. Zijp. n. sp.

Exantha, Herba elata usque bimetralis. Bulbi ovoidei vel oblongo-ellipsoidei valde acuti. Rhizomata numerosa vulga bifaria saepe valde elongata teretia ± clavata, recta vel saepius decurba, horizontalia vel oblique geotropa, vel imo obverse verticalia, nunquam (nisi gemma germinante) sursum incurvata, ramis secundi (vel et tertii) ordinis saepissime angulo recto ex utraque parte rhizomatis

aequaliter protrusis, numerosis haud densis longis et brevibus; omnes partes extus pallide griseae vel sublutescentes, sub lente subglabrae, intus pulchre pure flavae, sapore aromatico et amaro.

Radices filipendulae saepe longissimae, tuberi penduli rari, vulgo parvi (oblongo-fusiformis) intus pallide grisei interdum pleromate sublutescente.

Caulis vulgo 3—9 foliosus complanatus, Folia oblongo-lanceolata usque semimetralia vel fere metralia apice breviter caudata, basi sensim acuta, concavo-conduplicata et in petiolum canaliculatum brevem desinentia. Ligula parva, biloba, glabra. Folia sat intense viridia, costa concolore, 2,8—3,2 × longiora quam lata.

Scapus ante folia apparens nunc brevis gracilus, vaginis viridibus saepe 3 quarum superior (folium pedunculare) valde variabilis, nunc subfoliacea et involuta (explicata lanceolata) nunc saccatim adnata, a spica remota vel illi proxima, basi obliqua apice saepe longe apiculata.

Spica inter minores, late cylindrica, apice dilatata. Bracteae a basi inde omnes (ultimis comae exceptis) florigerae, puberulae, breviter (ad $^1/_3$—$^1/_4$ longitudinis usque) adnatae, inferiores lato-ellipticae acutae subcomplicatae et patulae, superiores oblongo-ellipticae acutae et mucronulatae subplanae, ultimae comae oblongae, basi attenuatae, obtusae. Bracteae florentes pallide virides vel albae, supremae pallide roseae apice purpureo. Bracteolae tubum floris superantes, hirtellae. Flores vulgo exserti. Calyx hirtellus obtusissime dentatus, albus, tubi corollae $^2/_3$ longitudinis aequans vel superans (sed longit. variabilis). Corollae tubus sublutescens, brevis in faucem campanulatam latissimam dilatatus. Petalum dorsale latum, album, extus totum hirtellum mucrone valido. Labellum flavum, subrotundum vix unguiculatum, lobo medio vix protruso, apice bifido lobulis subrotundis sese imbricantibus. Staminodia pallide flava, subrotundo-obovata. Filamentum pallide

flavum, augustum longum. Antherae prope basin dorso affixae puberulae, apice distincto ligulatae, basi calcaribus brevibus validis subulatis antice subexaratis munitae.

Stylidia brevia.

---

5. Curcuma mangga Valeton et Van Zijp.[1])

Die in Java wachsende, noch nicht beschriebene „temu mangga" oder „temu poh" (mangga = poh) erhielt von Valeton und mir den Namen *Curcuma mangga*. Die jungen Rhizomäste dieser Art werden von den Javanen als Zuspeise (lalap) beim Reis gegessen. Von Koorders (l. c.), Heyne (l. c.) und de Clerq (l. c.) wird sie unter dem Namen *C. amada* Roxb. angeführt. *C. amada* besitzt aber einen zentralen Blütenstand, während temu mangga lateral blüht.

„Temu mangga" ist in Westjava der feste Name für diese Art, während sie in Mittel- und Ostjava „temu poh" genannt wird. Sie ist unter anderem charakterisiert durch die sehr grosse Anzahl einander anliegender Rhizomäste, die einen Klumpen bilden und die angenehm nach jungen Manggas riechen, durch die blauvioletten Comabracteen, die in der unteren Hälfte weiss sind, und durch das nach unten gebogene Mittelläppchen des Labellums, das beim flach ausgebreiteten Labellum stark vorspringt.

Beschreibung der Pflanze nach in der vollen Sonne wachsenden Exemplaren.

---

[1]) Auch für diese Art, die unabhängig von einander und gleichzeitig von Dr. Valeton und mir in Bearbeitung genommen wurde, verabredeten wir, sie unter einem gemeinsamen Namen jeder für sich zu veröffentlichen.

Die Farben sind nach dem „Code des couleurs von Klincksieck et Valette" bezeichnet.

Höhe der Pflanze 1,35—1,80 m. Die oberirdischen Teile sterben im Beginn der Trockenzeit ab und laufen im Beginn der Regenzeit wieder aus. Nach dem Absterben der Blätter besteht das Rhizom aus einzelnen Hauptknollen, sehr vielen gegen einander angedrückten, ziemlich geraden Rhizomästen, die durch wiederholte Verzweigung einen Klumpen bilden, und besitzt radices filipendulae. Hauptknolle kurz eiförmig, bis 7 cm lang und bis 5 cm dick, die Spitze meist in einem Winkel von 70—80° zugespitzt. Rhizomäste der 1. Ordnung, die direct aus der Hauptknolle entspringen, bis 11 cm lang und bis 2 cm dick. Die Rhizomäste der 2. Ordnung, die an der Unterseite der Rhizomäste 1. Ordnung entstehen, entwickeln sich meist viel stärker als die an der Oberseite entstehenden und sind bis 8 cm lang und bis 1,5 cm dick. Rhizomäste der 3. Ordnung bis 1,4 cm lang und bis 0,9 cm dick. Rhizominternodien kurz 5—9 mm lang, unter der Lupe mit ziemlich vielen anliegenden Haaren. Erwachsene Rhizomäste innen hell chromgelb (zwischen 191 und 196). Hauptknolle ebenfalls innen hell chromgelb (191). Der Geruch ist der junger Manggas und erinnert auch an Ingwer. Der Geschmack ist ein wenig brennend, nicht bitter, und an Ingwer erinnerend. Äussere und innere Farbe der sich entwickelnden jungen Rhizomäste sehr hell citronengelb, nach der Spitze zu weiss. Die radices filipendulae mit Einschluss der Würzelknöllchen ± 37 cm lang. Wurzelknöllchen länglich elliptisch, beidendig zugespitzt, bis 7 cm lang und bis 2 cm dick, innen hell grüngelb.

Scheinstengel unten lose umgeben von meist zwei grünen, oberirdischen, blattlosen Scheiden. Blätter zweireihig, 6—7, ausnahmsweise 5 in Anzahl, länglich und lanzettförmig, grün, beiderseits kahl, oben fein zugespitzt, am Grunde schmäler werdend und langsam in den gefurchten Blattstiel übergehend. Das unterste Blatt sitzend oder sehr kurz gestielt, die anderen Blätter gestielt. Blattscheibe des

untersten Blattes 32—36 cm lang, 10—13 cm breit, die des obersten Blattes bis 66 cm lang und 11—13 cm breit. Blattstiel des obersten Blattes bis 19 cm lang. Blattscheide, Blattstiel, Blattscheibe und Mittelnerv beiderseits überall grün.

Ähre lateral, ohne den Stiel bis 18 cm lang, cylindrisch, erst bei der Coma nach oben hin breiter werdend, sodass diese auffallend breiter ist als das darunter liegende Stück der Ähre, oben bis 10,5 unten bis 7,5 cm breit. Blütenstiel ± 12 cm aus der Erde hervorragend, vom Rhizom aus gerechnet ± 17 cm lang, umgeben von grünen Niederblättern. Comabracteen länglich elliptisch, in der unteren, grösseren Hälfte weiss, nach der Spitze zu violett (± 537), 6,5—7 cm lang, Spitze abgerundet, die Comabracteen ungefähr $^1/_4$ der ganzen Ähre einnehmend. Die Bracteen, welche den Übergang zu den fertilen Bracteen bilden, sind nach unten hin weiss mit grünen Streifen. Fertile Bracteen obovat, aussen und innen grün, nach der Spitze hin nicht rot werdend, auch nicht nach unten hin weiss oder heller grün werdend, ± 4 cm lang, ± 2,7 cm breit, an der Spitze kreisrund, über ungefähr die halbe Länge mit einander verwachsen. Coma und fertile Bracteen unter der Lupe sehr kurz behaart.

Die Blüten ragen ein wenig über die Bracteen hervor. Lebende Blüte mit Einschluss des Fruchtknotens ± 3,7 cm lang (das Mittelläppchen des Labellums wurde bei dieser Messung nicht flach gelegt), bei Alkoholmaterial und flach gelegtem Labellum ± 4,4 cm lang. Fruchtknoten ± 3 mm lang, kurz behaart. Kelch ± 9 mm lang, an einer Seite gespalten, schwach behaart, an der Spitze etwas mehr behaart, mit drei undeutlichen abgerundeten Zähnen. Kronröhre gelb, schwach behaart, ± 2,3 cm lang, an der breitesten Stelle ± 8 mm breit. Kronblätter weiss oder sehr schwach rosa, nach der Spitze hin hellrosa, unbehaart mit Ausnahme der Spitze des dorsalen Kronblattes, das in ein kurzes, 1—1,5 mm langes, behaartes, hellrosa

Schnäbelchen ausläuft. Staminodien hellgelb, ebenso lang wie das dorsale Kronblatt (± 1 cm). Labellum ± obovat, flach ausgebreitet ± 1,4 cm breit und ± 1,6 cm lang, mit einem nach unten umgebogenen Mittelläppchen. das flach ausgebreitet weit vorspringt. Dieses Mittelläppchen ist von den Seitenläppchen ausser durch eine Falte noch durch eine leichte Einkerbung getrennt, ist 4—4,5 mm lang und an der breitesten Stelle ± 8 mm breit. Staubfaden ± 3 mm lang und ± 3 mm breit. Konnektiv an der Spitze in ein sehr kurzes Zünglein endigend, das nicht über die Thecae hervorragt. Sporen fast parallel zu einander. Thecae ± 4,5 mm lang.

Auch für diese Art verweise ich nach Dr. Valeton's Veröffentlichung: „New Notes on Zingiberaceae of Java and the Malay Archipelago".

Curcuma mangga, Val. et v. Zijp n. sp. — *Curcuma amada*, Val. (non Roxb.) in Heyne (1913) p. 207.

Exantha. Herba vix metralis. Bulbi globosi vel elliptici, dense annulati. Rhizomata digitum crassa, numerosa ex omnibus partibus bulbi exorta horizontalia vel obliqua, saepe recta, valde ramosa. Rami secundarii et tertiarii ad illos prioris ordinis perpendiculares, breves, congeriem densam interdum maximam sistentes. Gemmae obtusae albae. Rhizoma extus pallide flavescens, apice album, intus dilute flavidum, cortice in partibus juvenilibus dilutiore, fere albo. Bulbus intus pulchre flavus. Omnes partes sub lente pubescentes, magis minusve fructus mangiferae interdum aliquantillum rhizoma Zingiberis redolentes et sapientes subacres haud vere amarae.

Radices filipendulae elongatae filiformes, tuberi fusiformes angusti et elongati utrinque longe attenuati, intus albi, pleromate pallide flavo.

Folia anguste oblongo-lanceolata supra medium paulum dilatata breviter caudata, basi longissime in petiolum decurrentia, saepe fere 4-plo longiora quam lata, pallide viridia, concoloria. Petiolus mediocris, ligula bisemilunata, cum margine vaginae dense ciliata. In stirpibus junioribus folia multo minora latiora.

Inflorescentia inter minores ante folia exorta. Scapus squamis vaginantibus 4—10 instructus. Squama superior saepe a caule divergens nunc plane limbiformis, saepius convoluta mucronata, ad 250 m. m. longa; basin spicae saepe superans. Spica apice valde dilatata. Bracteae inferiores latissime ovatae obtusae sensim breviores et obtusiores, inde a forma ovata ad orbicularem transeuntes, inde (folia comae) ad ellipticam, inde ad oblongam, omnes obtusissimae vel rotundatae, omnes utrinque minutissime puberulae, omnes (summis exceptis) florigerae. Bracteae comae basi albae, versus apicem violaceae et rubro-violaceae, bract. intermediae pallide virides interdum violaceo-striatae, inferiores pallide virides.

Bracteolae sat magnae, tubum superantes. Flores graciles, fauce attenuato. Calyx late obtuse tridenticulatus Tubus corollae $^2/_5$ longitudinis floris superans, petala lateralia anguste ovata obtusa; dorsale cucullato-ovatum et mucronatum. Labellum obovatum unguiculatum lobo mediano bifido valde distincte prominente et a lobis lateralibus emarginatione separato. Staminodia lata falcata apice rotundata. Filamentum parvum, lat. long. aequante. Anthera angusta infra medium affixa, ligula brevi late rotundata terminata, calcaria longiuscula, haud curvata haud valde divergentia.

Flores albi lobo mediane flavo.

Tab. XI. Curcuma spec. Temu lawak.
Tab. XII. Curcuma Heyneana. Valeton et v. Zijp n. sp.
Tab. XIII. Curcuma Mangga. Valeton et v. Zijp n. sp.

Curcuma spec. Temu lawak.

Curcuma Heyneana Valeton et v. Zijp n. sp.

Curcuma mangga Valeton et v. Zijp n. sp.

The white Root-Fungus of Cinchona

by

Dr. A. RANT.

In an enumeration of the diseases and fungi peculiar to the *Cinchona* tree [1]) I gave at the time a description of the two root-fungi, I had observed growing on the plantations in Java. These two fungi I distinguished as the grey or external and the white or internal fungus, as only the sterile mycelia were known hitherto. Both diseases frequently occur on the same plantation and it is only by examining the roots, that the separate causes become manifest. In both cases the disease first attacks the dead or decaying stems of a wood-tree, whence it gradually extends to the surrounding *Cinchona* trees.

By means of pure cultures and infections I was able to demonstrate, that the grey root-fungus, which possibly belongs to the genus *Rosellinia*, produces *Graphium* as lower fructification, both in nature and in pure cultures [2]).

The white root-fungus, which mostly attacks trees of older growth, rather than does the grey, is usually found on *Cinchona Ledgeriana* Moens and *Cinchona robusta* Trimen. Between the bark and the wood of a diseased tree thin, tough, white layers of mycelium are found,

---

[1]) A. Rant. De Ziekten en Schimmels der Kina. Mededeelingen van het Kina-proefstation. No. II, Buitenzorg, 1914.

[2]) A. Rant. Der graue Wurzelpilz von *Cinchona*. Bulletin du Jardin botanique de Buitenzorg. Deuxième Série, No. XXII, 1916.

which can change to a yellowish tinge under the influence of the sap of the tree; these layers frequently encircle the entire surface of smaller roots, killing the cambium layer, and consisting of extremely fine hyphae (diameter $1^1/_2$—$2^1/_2$ μ) somewhat fatty in appearance; and when fresh material is taken from the roots and examined in water, alcohol or hydrate of chloral, it shows no septae at an enlargment of 740. On the external side of the bark rhizomorphs are found, but in no profusion; they develop lengthwise, branching out occasionally, are frequently flattened and black in colour with a white heart.

In this connection the fungus slightly resembles *Armillaria mellea* (Vahl) Quél. in Europe. In a former publication of Warburg discussing the so-called „*Cinchona* root-canker" [1]), the writer mentions also having found rhizomorphs resembling at times those of *Armillaria*.

When inspecting the fungi generally, especially those growing on decaying or dead stumps of wood-trees on the *Cinchona* plantations, it is almost an impossibility to discover the true fruit form or forms of the white root-fungus, however it seemed to me important, not only as a matter of scientific interest, but also for the culture of the *Cinchona*, to trace the fruit form of this fungus, so that de toadstools could be destroyed, as is done with the *Armillaria mellea* in Europe. The safest way was therefore to start from pure cultures and to get to the fruit form in that way. For this purpose I selected diseased roots of *Cinchona* which were thoroughly cleaned and brushed under the flow of the water tap, then dipped into alcohol and set light to, so as to take away all

[1]) O. Warburg. Beitrag zur Kenntnis der Krebskrankheit der Chinabäume auf Java. Ber. d. Ges. f. Botanik zu Hamburg Heft III 1887.

O. Warburg. Bijdrage tot de kennis van den kanker der Kinaboomen. Tijdschrift voor Nijverheid en Landbouw in Nederl. Indië. Deel 35; 1887 blz. 195.

possible external infection [1]). With a knife, sterilized in a flame, the bark was cut away and small pieces of the mycelium were placed in Petri dishes on an agarsubstrate of the following consistence:

water	
agar	$1^1/_2$—$2^0/_0$
glucose	$^1/_{20}$ $^0/_0$
peptone	$^1/_{20}$ $^0/_0$
KH_2PO_4	$^1/_{20}$ $^0/_0$

acid. lacticum 1 $^0/_0$ n. pro 100 cc agar.

On this substrate the growth of the fungus was very slow; from the white or yellowish bits of the mycelium, root-like rhizomorphs grew into the agar; these were white at first, then brown, finally black, and from older cultures in high Petri dishes they often grew out of the agar. In most cases only very scanty mycelium-growths were visible on the agar itself, except for a hard brown crust of mycelium. On more concentrated agars, damped rice, bread etc. the growth was somewhat accelerated, yet it maintained a slow process. In the substrate an abundant growth of brown or black rhizomorphs appeared, but on the substrate only very little mycelium was seen, it in most cases being brown in colour.

I tried several kinds of substrates, both liquid and solid kinds, but I will here not dwell upon these, because during my stay in Java, I was unsuccesful in obtaining fruit bodies. On my return to Holland in 1916 I brought some pure cultures over with me, and thanks to the kind assistance of Professor Dr. F. A. F. C. Went, I was permitted to cultivate the fungus in the Botanical Laboratory at Utrecht. On the advice of Miss Cath. Cool, of the Leyden Herbarium, I cultivated the fungus in large Erlenmeyer flasks filled with:

[1]) cf. A. Rant. Der graue Wurzelpilz von *Cinchona* l. c. p. 5.

white sand that had been first thoroughly washed and cleaned,

moss,

bits of living twigs of *Acer Pseudo-Platanus* α, also thoroughly washed and cleaned,

water.

After sterilization of the flasks and infection with pure cultures, the fungus was permitted to grow to a height of 18—20° C. for the space of one month, and then —

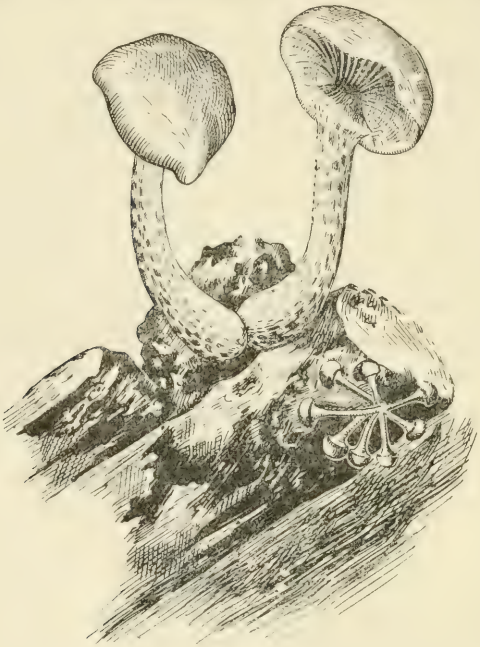


Fig. 1. Growths of the toadstools derived from pure culture.
Mr. B. J. van Tongeren del.

in November 1916 — the flasks were placed in a room, where in winter, the temperature remained slightly over 0° C. In October 1917 two normal toadstools had developed in one of the flasks (Fig. XIV), but while the

flask was too full of material to allow of further toadstools maturing, there were several young fruit bodies showing (Fig. 1).

Through the courtesy of Prof. Dr. Johanna Westerdijk, then Lady Principal of the Willie Commelin Scholten Laboratory at Amsterdam, I learnt the name of the fungus. Mr. A. van Luyk, assistent of the above mentioned laboratory, was good enough to compare the fungus with *Armillaria mellea* found at Santpoort, near Haarlem, and he detected slight variations which are probably due to the abnormal growth in the Erlenmeyer flask. Of the cultivated fungus I can give the following diagnosis:

„Toadstools originating in clusters of two or more units; pileus 5—6 c.m. in diameter, honey-coloured, varying from yellowish brown to brown, peculiarly marked with small tufts of yellowish or brownish hairs, which disappear in the mature growths; stem: 5—6 c.m., diam 5—6 m.m., brownish colour; annulus: lacking in the mature specimens, but present in the young growths; gills: whitish, touching the stem and somewhat decurrent; spores: ovoid-elleptic or elliptic and slightly pointed; 7.—9 × 5—6 μ white and smooth; basidia 27—38 × 7—9 μ; cystidia at the margin of the gills: 45—50 × 10—12 μ; rhizomorphs resembling those of *Armillaria mellea* present in the culture and in free nature."

According to Mr. van Luyk the fungus is *Armillaria mellea* (Vahl) Quél., the well known parasite of trees in Europe.

As far as I know only one description of the same fungus found in Java is quoted in the litterature i. e. *Armillaria mellea* (Vahl) Quél. var. *javanica*. P. Henn. found by N. Fleichner at Tjibodas at a height of

1400 M. above the level of the sea [1]), whereas my fungus was found on the Government *Cinchona* Plantation at a height of 1600 M. According to the description there are certain differences between this fungus and the one I cultivated. So far I have had no opportunity to compare the two fungi; in my opinion this would only be possible by cultivating them, the two examples having been grown under such different circumstances. And how important a part external conditions play in the growth, is a well known fact to every mycologist who has cultivated fungi on different substrates.

I very much regret to have no opportunity of making pure cultures of the *Armillaria* toadstools that were grown from my pure cultures of the white root *Cinchona* fungus to infect the *Cinchona* thereby, as it would be interesting to find out, whether this fungus is a true or wound parasite. Neither is it possible for me to investigate whether all of the sterile white internal mycelia, parasitic to the *Cinchona*, and which I called the white root fungus, will develop *Armillaria* fruit bodies in any case, or whether still other fungi form the peculiar mycelia I described above.

In concluding this article I desire to extend my warmest thanks to all those who have lent me their valuable assistance in making this investigation.

Amsterdam, October 1917.

---

[1]) P. Hennings, Fungi. Monsunia von O. Warburg; Band I. p. 20, Leipzig, 1900.

DESCRIPTION OF PLATE.

Plate XIV. The Erlenmeyer flask containing pure cultures of the white root-fungus and two toadstools photographed by Mr. Van der Gen, Cand. biol. Utrecht.

Geotropism and Phototropism in the absence of free oxygen

by

U. P. VAN AMEIJDEN.

INTRODUCTION.

The reason which led me to begin this investigation was the fact that the problem of geotropism and phototropism in the absence of free oxygen has so far been very little considered in connection with the more recent investigations on gravitational and light stimulis. In the literature Correns' view is still accepted who claims to have shown, that seedlings are able to execute geotropic curvatures in the presence of the minutest traces of oxygen, whereas a higher oxygen-content the air is required for phototropic movements. Considering the state of knowledge at that time, we can understand how Correns arrived at this conclusion.

Later Arpád Paál published a paper on this same subject. Although he already took into account factors which were still quite unknown at the time of Correns' investigation, yet his conceptions with regard to the problem in question, are not wholly satisfactory.

Thus there existed every reason for me to take up this question up again and now on entirely different lines. In the first place I have taken care not to place experi-

mental material under reduced pressure, but to leave them always under the pressure of one atmosphere, so that only the partial pressure of the oxygen was reduced. This was carried out in a thermostat specially constructed for my investigation in which the free oxygen could be replaced by nitrogen by gradual diffusion.

CHAPTER I.

Review of the Literature.

The first investigations on the question whether free oxygen is necessary for the appearance of a phototropic curvature, date from Payer[1]). He worked with seedlings of *Lepidium sativum*, and found, that the medium in which the experiments were carried out, cannot inhibit a reaction, but can diminish the curvature. Thus he saw very distinct curvatures occur under water, and further in an atmosphere of nitrogen or hydrogen.

Von Mohl[2]) accepted the accuracy of Payer's investigations. He himself carried out no experiments in this direction, but only used Payer's results in order to controvert Dutrochet's[3]) theory of light on a certain point.

In 1878 the question of the dependence of heliotropic processes on the presence of free oxygen was taken up again by Wiesner[4]). He worked with seedlings of

---

[1]) T. Payer. Mémoire sur la tendance des tiges vers la lumière. Comptes rendus 1842. T. XV, p. 1194.

[2]) H. von Mohl. Grundzüge der Anatomie und Physiologie der vegetabilischen Zelle (Abdruck aus R. Wagner's Handwörterbuch der Physiologie 1851, p. 297).

[3]) M. Dutrochet. Rapport sur un mémoire de M. Payer, intitulé Mémoire sur la tendance des racines a fuir la lumière. Annales des sciences naturelles, 1844, 3e serie, T. II, p. 96.

[4]) T. Wiesner. Die heliotropischen Erscheinungen im Pflanzenreiche, eine physiologische Monographie 1878, p. 58.

Phaseolus multiflorus, Vicia sativa, Lepidium sativum and *Sinapis alba* — and so arranged the containing vessels that their open ends dipped into potash solution. After 36 to 48 hours the potash reached its highest level so that all the oxygen had been absorbed. Up to this time the whole apparatus had stood in the dark, but then the seedlings were illuminated unilaterally. There was still no trace of curvature to be seen even after several hours. If he allowed air to enter, then the commencement of the curvature was already visible after one hour. He therefore concluded, that no heliotropic phenomena are observable without free oxygen.

Wortmann[1]) in his investigation on intramolecular respiration made the statement that all irritabelity is lost in an oxygen-free atmosphere, but that even in the case of plants which have for weeks been deprived of oxygen, irritabelity returns on renewed access of oxygen. A very small portion of his investigation is concerned with the geotropic sensitiveness of seedlings. He placed the germinating seeds of *Vicia Faba, Phaseolus vulgaris* and *Phaseolus multiflorus* in absorption tubes of 100 c.c. capacity of which the openings were in contact with mercury covered with a layer of water. The seeds remained for several days in this enclosed space till a distinct increase in volume had taken place. Then all the oxygen had been used up. Roots germinating in a horizontal position now showed no geotropic curvature. He got the same negative results with parts of the stem of *Paeonia peregrina*. Wortmann did not understand why the intramolecular respiration is not a source of energy to the plant capable of furnishing the forces which bring about growth.

---

[1]) J. Wortmann. Ueber die Beziehungen der intramolecularen zur normalen Athmung der Pflanzen. Arbeiten des Bot. Inst. in Würzburg II. 1880, p. 509.

Kraus[1]) in an appendix to his paper on the distribution of water in plants, deals with the behaviour of geotropically irritable organs in a CO_2- or H-atmosphere.

He used for his experiments flowering shoots of *Taraxacum, Ranunculus, Anthriscus silvestris* etc., which he placed horizontally in a vessel, through which a constant current of CO_2 or H was passed. Six hours later no trace of erection was visible, but, if the stems were afterwards brought into the air, they were, after 5 hours, curved upwards. Irritability is therefore lost in an oxygen-free atmosphere, but returns in ordinary air, a proof therefore, that the plants merely pass into a condition of rigor („asphyxie", „starre").

An entirely new method of studying the influence of oxygen on geotropic processes was adopted by Wortmann[2]). He used seedlings of *Phaseolus multiflorus, Helianthus annuus* and *Lepidium sativum* and placed them under the bell-jar of an airpump. In a partial vacuum, a slight curvature, which had previously been induced in ordinary air, was continued, but only for a short time and no further continuation of the curvature could be obtained even after admitting atmospheric air. But if air was admitted while a slight curvature was still taking place, the movement again became more vigorous and could even proceed as far as in ordinary air. He remarks, that the same phenomenon had already been observed by Wieler[3]) for growth; since geotropism is a growth

[1]) G. Kraus. Ueber die Wasservertheilung in der Pflanze IV. Die Acidität des Zellsaftes, Abhandlungen der Naturforschenden Ges. zu Halle, Bd. XVI, 1884, p. 199.

[2]) J. Wortmann. Studien über geotropische Nachwirkungserscheinungen. Bot. Zeitg. 1884, p. 705.

[3]) A. Wieler. Die Beeinflussung des Wachsens durch verminderte Partiärpressung des Sauerstoffs. Unters. aus dem Bot. Inst. zu Tübingen I, 1883, p. 189.

movement, it is also intelligible that the after-effect of the geotropic stimulus can still occur so long as slight growth is still possible. He also carried out experiments in a hydrogen atmosphere. Shoots, which had been kept in this for some time in a horizontal position, showed when brought into the air, a further growth in length but no trace of a geotropic after-effect.

Correns [1]) has written a long paper on the influence of oxygen on all kinds of stimulation-phenomena, including the movements due to gravitational- and light-stimuli. He also followed the method of placing the experimental material under reduced pressure or in a vacuum. In order to expel the oxygen completely, after having exhausted he let in hydrogen, then pumped the vessel emply again and repeated this several times. He worked with seedlings of *Helianthus*, *Vicia Faba*, *Lepidium sativum* and *Sinapis alba*. The various types of stimulation-movements require various concentrations of oxygen. The reason for this lies partly in the different oxygen requirements of various species of plants, independently of the character of the stimulation-movements, and partly in the conditions which are characteristic of certain stimulation-movements. He first discusses the geotropic experiments. The vessel in which the seedlings were placed was exhausted in the way described and then placed in a horizontal position. The plants were examined after 6 to 12 hours. They all behaved in the same way, that is to say, so long as growth could be observed, the geotropic curvature still took place. After exhausting and letting in hydrogen five times, Correns still obtained perceptible curvatures, for example, in *Helianthus* on the other hand *Sinapis alba* only reacted with an oxygen-content of 4 % to 5 %

---

[1]) C. Correns. Ueber die Abhängigkeit der Reizerscheinungen höherer Pflanzen von der Gegenwart freien Sauerstoffes. Flora 75, 1892, p. 87.

of the normal-atmosphere. When, a geotropic curvature, however small, occurred in the vessel, it continued when, on return to atmospheric air, the seedling was placed in a vertical position. But if absolutely no reaction had taken place, in the first instance, there was no after-effect whatsoever.

He concluded from all these experiments that oxygen is necessary to the carrying out of a geotropic process. He also placed seedlings for 1 to 2 hours horizontally in the vessel, pumped it emply, filled it with hydrogen and led a current of hydrogen through it. Afterwards the seedlings were placed in the dark in an upright position. Even when the material had in this way been in contact with hydrogen for several hours an after-effect could still be observed, but the longer time hydrogen had been passed the smaller the after-effect was found to be. From this experiment he draws the conclusion that the after-effect had been only interrupted by the deprivation of oxygen, but not destroyed.

Correns saw even less occurrence of movements in his heliotropic experiments without oxygen. Illumination took place by turning the uncovered side of the vessel towards the day-light. In order to get a heliotropic reaction about 1 % of the original quantity of oxygen must be present, and in the case of *Sinapis* seedlings even 6 %, at least to get a curvature visible to the naked eye.

The geotropic curvatures are therefore carried out by the same plants with smaller quantities of oxygen than the phototropic ones.

He also carried out experiments in which he allowed both stimuli to act simultaneously on the same material, and in an atmosphere, containing so much oxygen that growth and geotropic curvatures could take place, but in which the seedlings were not able to give a heliotropic reaction. Seedlings, which were placed horizontally in the

vessel and parallel to the window, showed a very clear geotropic curvature without exhibiting the smallest heliotropic reaction towards the side of the light.

He further carried out experiments in order to investigate whether at that oxygen-content, in which both growth and geotropic curvatures are still possible, a heliotropic stimulus can be perceived and whether a stimulus perceived in air progresses at this oxygen-content. In order to answer the first question, the required atmosphere was obtained by partial exhaustion of the vessel and admission of hydrogen, and the seedlings were exposed for $1^1/_2$ to 2 hours to a unilateral illumination of a gas-flame, without a curvature appearing.

Then the gaseous mixture was replaced by ordinary air. There was no trace of any after-effect. In order to decide the second question the seedlings were first illuminated from $1^1/_2$ to 2 hours by the same source of light which caused an obvious curvature. The oxygen was then diminished to $4\,^0/_0$. No further after-effect took place, but the curvature was neutralized by the counter-effect of geotropism.

He finds it very remarkable that the after-effect remains absent in an atmosphere in which the oxygen-content still allows the geotropic-reaction, because this shows that the way in which the heliotropic curvature is executed is different from that of the geotropic, although both are phenomena of growth. It may certainly be assumed that the actual growth is in both cases the same and further that the heliotropic after-effect has certainly been induced. Hence between the establishment of the disposition to the after-effect and its mechanical execution there must necessarily intervene a process that is specially influenced by oxygen.

In his general results Correns says that he recognizes in all stimulation-movements a difference between percep-

tion and reaction and that the absence of an after-effect under normal conditions when the material is stimulated in vacuum may not be regarded as a proof that the stimulus has not been perceived; there are indeed three possibilities:

1. That neither can a stimulus be perceived nor a movement be induced in a vacuum.

2. The stimulus is perceived, but the reaction cannot take place, or the disposition towards it cannot arise.

3. The stimulus cannot be perceived, although the reaction can take place. Correns admits that he has not been sufficiently successful in determining the effect of oxygen on perception and reaction separately, so that he cannot decide between the above three cases.

I have discussed in detail Correns' paper because it is by far the most important on this subject; but nevertheless in some respects his methods of investigation and his conclusions are open to criticism. The method of exhausting seems to me to be distinctly objectionable, because various changes of condition may occur in the plant which are wrongly ascribed to the absence of oxygen, but which really have quite another cause. The comparisons which Correns draws between geotropism and phototropism depend on the one hand, on experiments in which the seedlings were stimulated from 6 to 12 hours in a horizontal position, on the other hand they were continuously illuminated unilaterally by day-light; he does not state how long this illumination lasted. It seems to me by no means impossible that with a shorter period of geotropic stimulation, as for example, if the geotropic reaction was observed after 2 hours, he might not have obtained any curvature at the pressure indicated by him, whilst with a greater quantity of oxygen after 2 hours a distinct reaction might be obtained. For the time, in which, under normal conditions the reaction begins to be

visible is much less than 2 hours. It is evident from the following figures which I found that in different plants the geotropic and phototropic stimuli often have widely differing values for definite strengths of curvature: when seedlings of *Avena* are geotropically stimulated, by being placed in a horizontal position for 15 minutes, then the maximal strength of curvature amounts to 2 m.m. A maximal phototropic reaction of 2 m.m. is obtained by stimulation with 40 M.C.S. [1]) seedlings of *Sinapis* must be stimulated for 10 minutes in order to get a maximal geotropic reaction of 3 m.m., whilst for a phototropic reaction of only 2 m.m. a stimulation with 400 M.C.S. is necessary. If one takes into consideration that the experiments with *Avena* took place at a temperature of 20° C and those with *Sinapis* at 23° C, then according to the law of Van 't Hoff the geotropic sensitiveness of *Avena* and *Sinapis* are more or less equal: phototropically, however, *Avena* is much more sensitive than *Sinapis*. From this it is sufficiently evident that one must be careful in making comparisons between geotropic and phototropic reactions, particularly when working with a stimulus of unknown strength. In my own experiments I therefore followed a different method to that of Correns, as will be seen below.

A few later papers have appeared on this subject. Czapek [2]) in his paper on geotropism, published 1895, devoted a chapter to the influence of the withdrawal of oxygen on geotropic phenomena. From the observation bij Wortmann [3]) and by Correns [4]) that seedlings, which had been stimulated geotropically for 6 hours in

---

[1]) Metre-candlepower-seconds.

[2]) F. Czapek. Untersuchungen über Geotropismus. Jahrb. f. wissensch. Bot. 1895, Bd. XXVII, p. 274.

[3]) Wortmann. l.c., p. 711.

[4]) Correns. l.c., p. 132.

hydrogen, showed no after-effect, we may not conclude, that no perception is possible in an atmosphere free from oxygen, or that the „disposition to curve" cannot arise. Czapek also repeated Correns' experiments in hydrogen, but found that a sojourn of more than 6 hours was harmful. Now the method which he adopted, was based on an investigation by Chudiakow [1]) who had found that in an oxygen-free atmosphere seedlings perish the sooner, the higher the temperature is. Czapek experimented with lupin seedlings which he placed vertically in the receiver of an air-pump. He exhausted to 1 m.m. of mercury and then admitted a current of hydrogen. He repeated these two operations 6 to 8 times. Then the vessel was placed horizontally in powdered ice. In this way the roots remained 24 hours at a temperature of from 0° to 2° C. After this interval the roots looked perfectly normal. They were then placed on the clinostat and after 4—6 hours a distinct geotropic after-effect had made its appearance. Although in the vessel longitudinal growth did not take place, geotropic induction is evidently still possible, provided that care is taken to exclude harmful factors.

In 1912 Árpád Paál [2]) published a paper, which likewise only dealt with geotropism. The method which he adopted for studying the influence of reduced pressure on the geotropic-stimulation process, consisted in the determination of reaction- and presentation-times. The radicles of *Phaeseolus vulgaris*, with which he worked, were placed horizontally under the bell-jar of an air-pump, and he observed at different pressures of air, how long it required before the majority of the roots showed a curvature. The result of these experiments was that the

---

[1]) N. v. Chudiakow. Beiträge zur Kenntniss der intramolekularen Athmung. Landwirtsch. Jahrb. 1894, Bd. 23, p. 333.

[2]) Árpád Paál. Analyse des geotropischen Reizvorgangs mittels Luftverdünnung. Jahrb. f. wisschensch. Bot. 1912, Bd. L, p. 1.

reaction-time was lengthened as the air-pressure was reduced. Then he investigated separately the perception and reaction. As measure of the influence of pressure on the sensory phase he used the presentation-time. The roots were placed horizontally in air of known pressure for a time and then transferred to the clinostat. If, after an interval, 50 % of the roots showed a curvature, they were assumed to have been stimulated during the presentation-time. These experiments showed that the presentation-time is prolonged when the pressure of air is reduced; this indeed is already marked at 0.74 of an atmosphere, then it decreases gradically to 0.21 of an atmosphere, below which the decrease is very rapid. The experiments further showed that under these conditions also the reaction-time is prolonged. A continued stay under reduced pressure lengthened the reaction-time more than the presentation-time. Therefore the cause of the delayed reaction cannot be wholly due to the lengthening of the sensory phase, but also of the motor phase.

He finally carried out experiments by exposing to normal pressure and allowing the reaction to take place under reduced pressure. Here also a lengthening of the reaction-time took place.

Finally Kenkel [1]) mentions experiments on the influence of reduced air-pressure on geotropism and phototropism. He followed exactly the same method as Correns [2]) and like him found for various plants, that with a definite oxygen-content, at which the geotropic reaction can still take place, the heliotropic no longer occurs, or is at least diminished.

[1]) J. Kenkel. Ueber den Einflusz der Wasserinjektion auf Geotropismus und Heliotropismus. Inaugural-Dissertation, Münster 1913.

[2]) Correns. l.c., p. 138.

CHAPTER II.

Material. General arrangement of the Experiments.

Material.

Seedlings of *Avena sativa* were chosen as experimental objects, because numerous recentinvestigations have shown them to be a very suitable material for geotropic and phototropic experiments, and further seedlings of *Sinapis alba*, for reasons which will be given later. The oat-grains were peeled before use. For the rest the seeds were treated alike, i. c. they were first placed on damp filter-paper to germinate and later transplanted into boxes with soil. This method is described in detailed by Rutgers[1]). The oat-grains had to lie for 2 days on the filter-paper and had then germinated sufficiently to be planted. This time varied somewhat for the seeds of *Sinapis* being between four and six days. The culture-boxes were of zinc, and measured 10 × 3 × 3 c.m. Nine seeds were planted in each vessel. They were placed diagonally for the photropic experiments in order to avoid mutual shading when illuminated. The oats were of one pure strain "Svalöfs Goldregnshavre". The seeds of *Sinapis* were ordinary commercial seeds. Very many of them

[1]) A. A. L. Rutgers. De invloed der temperatuur op den praesentatietijd bij de geotropie. Dissertatie 1910, p. 41.

appeared to be incapable of germination by the method described, whilst the rest showed great differences in germination so that seeds of equal development had to be selected most carefully for each vessel.

Cultivation took place in the laboratory glass-house, in which the temperature was not constant (about 20°) and generally ranged over a few degrees. After the seeds had been planted in the vessels, the latter were placed in a box, covered with black cloth, so that they were completely in the dark. These boxes were regularly ventilated for otherwise the seedlings did not grow quite perpendicularly in consequence of the impure air.

This precaution was also adopted for the same reasons by Miss De Vries[1]). After these four days the length of the coleoptiles of *Avena* reached $1^1/_2$ to 2 c.m., whilst the hypocotyls of *Sinapis* seedlings attained a length of about $1^1/_2$ to 3 c.m. Oblique growths and too long or too short seedlings, were removed before the boxes were used for experiment.

The Thermostat.

The thermostat necessary for this investigation was made according to my specifications by Mr. Roelink, attendant at the Botanical Laboratory. It consisted of an outer and inner box (Pl. XV, XVI and XVII). The outer box had a height of 300 m.m., a breadth of 295 m.m., and a depth of 145 m.m. For the inner one these dimensions were respectively 240, 220 and 65 m.m. The two bottoms and back walls were of copper, the fronts and the right and left side walls of glass. The lid of the inner box was also of copper, whilst the outer box was open on top.

---

[1]) Marie S. de Vries. Der Einfluss der Temperatur auf den Phototropismus. Recueil des Trav. botan. Néerland. 1914, Vol. XI, p. 200.

The dimensions of the thermostat were chosen as small as possible in order to expedite the replacement of the air in the inner box by nitrogen. In the centre of the back walls there was an opening through which the axte (Pl. XVI, *a*) of the clinostat passed, contained in an oil-packing (Pl. XVI, *b*) so that the wall was completely air-tight and the axte could turn without appreciable friction. To the end of the clinostat-axte in the thermostat a clamp (Pl. XV and XVI, *c*) could be screwed for the purpose of attacking the vessels containing the seedlings. Since it was necessary before measuring the curvatures to take the seedlings out of the thermostat, it was desirable so to construct the fastening that this could be done as quickly as possible. For this reason a screw (Pl. XV and XVI, *d*) was attacked to each top corner of the inner box, in such a way that the lid, provided on the under side with ad indiarubber plate, could still just be placed free on the inner-box. Two springs (Pl. XV, *e*) were now placed through the screws, and pressed the lid on the box so as to make it air-tight, after a nut (Pl. XV and XVI, *f*) had been screwed down on each of the screws. In the space between the inner and outer box, two heating-lamps (Pl. XV and XVI, *g*) were placed, and in addition, a mercury thermoregulator (*h*) and two stirring-arrangements (*i*), which were driven by an electric-motor, and finally, there was a thermometer. For the rest, this space was completely filled with water. In order to open the thermostat, each time enough water was syphoned out to make the level descend just below the lid. Through the lid two tubes passed, of which one (*k*) was bent at a right-angle just under the lid, and ended blindly, but was provided with many small holes. This sewed for the admission of nitrogen. The other tube (*l*) reached almost to the bottom of the inner-box, and served as exit of nitrogen.

The temperature.

The temperature was always kept constant in all the experiments. This was ensured by joining the thermoregulator with an accumulator and a relay in an electric-circuit, so that the current of the heating lamps was immediately interrupted when the temperature had sufficiently risen [1]). In addition a second relay was included, in order to prevent discharge of the accumulator as much as possible.

The source of light.

A simple electric carbon filament lamp served as the source of light for the phototropic experiments and its luminosity was determined by Weber's [2]) photometer and as a distance of one metre, was found to equal 5 M.C. (metre candles). For this determination I placed the lamp in the thermostat in the position which the boxes with the seedlings occupied during the experiments. The space between the inner and outer case was filled with water and I placed the photometer at a distance of 1 metre from the lamp. Thus in determining the luminosity, the absorption of light by the glass-walls and layer of water was taken into account. The lamp was so arranged in the experiments that it was at a distance of exactly one metre from the middle of a box of seedlings, which was placed in the thermostat, in such a way that illumination took place through the side-walls of the thermostat.

---

[1]) For a detailed description of this arrangement as well as of the thermoregulator, see Rutgers, l.c. pp. 46 and 48.

[2]) Prof. Snellen was kind enough to place the photometre at my disposal for this purpose.

Arrangement of experimental objects.

The boxes containing the seedlings of *Avena* were, immediately after planting, packed in absorbent gauze in order to prevent the soil from falling out when rotating on the clinostat. The boxes were fastened into the clamp arranged for this purpose, in such a way that the seedlings were perpendicular to the horizontal axte of the clinostat, by which arrangement the geotropic and phototropic stimuli were so applied that all curvatures occurred in one and the same plane, namely in that of rotation. In short experiments — such in which the seedlings had only a short fore-period in nitrogen — the seedlings were rotated on the clinostat before stimulation. This could be done with two boxes at a time, fastened into the clamp with their bottom-walls against each other.

Since on account of the cotyles dicotyledonous seedlings cannot grow through absorbent gauze, the boxes of *Sinapis* were not rotated on the clinostat, but were simply placed in a vertical position after being stimulated. Of course these experiments could never be carried out with two boxes at a time.

The Nitrogen.

As I needed large quantities of nitrogen, I obtained it from the metal cylinders of commerce. These were found, however, to contain a fairly considerable proportion of oxygen, which I estimated with a phosphorus pipette [1]). As an average of several determinations I found 3.3, 4.3 and 4.7 $^0/_0$ oxygen in the three cylinders which I successively used. In order to absorb the oxygen, the nitrogen was

---

[1]) Prof. van Romburgh was kind enough to allow me the loan of this apparatus.

passed through an alkaline pyrogallol solution, as described by Weyl and Gott[1]). They found that most oxygen was absorbed when 0.25 gram pyrogallol was dissolved in 10 c.c. NaOH of specific gravity 1.03. In the nitrogen purified in this way the seedlings showed however very clear signs of poisoning. The apices became strikingly brown and all sorts of curvatures appeared. Since CO is formed by the passage of oxygen through pyrogallol, it is to this that the poisoning may be attributed. That this was indeed so, became evident when the gas was passed through the tube of a combustion furnace, in which there was a small quantity of CuO, as well as reduced copper which served to fix any oxygen which might have escaped absorption. This CuO oxidized the CO to CO_2. Gas treated by this method no longer gave the slightest indications of poisoning.

The dark room.

The dark room in which I performed the first part of my experiments, was situated in the centre of the Botanical Laboratory. In this room there was an air-shaft, by means of which, fresh outside air could always be sucked through the thermostat, in those experiments, in which this was necessary. Afterwards in consequence of structural changes in the laboratory, this room was no longer at my disposal and I continued the experiments in a small separate building in the Garden consisting of two small rooms, which had each a separate door to the garden. One of these was made into a dark room in which, by a very simple arrangement the outside air could be directly sucked

---

[1]) Th. Weyl and A. Gott. Ueber die Absorption von Sauerstoff durch Pyrogallol und Phloroglucin in alkalischer Lösung. Berichte der Deut. Chem. Gesellsch. 1881, 14e Jahrg., II.

through the thermostat, whilst the other room contained the nitrogen-cylinder, the two wash bottles and the combustion furnace.

The Arrangement (Pl. XVII).

The nitrogen first passed through the wash bottles with pyrogallol and the furnace, after which the exit tube entered the dark room through an opening in the wall. The gas was first cooled by passing through a leaden spiral, placed in a vessel of water and then passed through the thermostat. The waste-pipe ended under water and served as a control against leakage, because in that case bubbling stopped at once. The nitrogen-cylinder was always opened so far that the bubbles of gas succeeded one an other at a constant rate.

In those experiments in which fresh air was drawn through the apparatus, the tube which led into the thermostat was connected to a tube through which the outer air could enter. Further the exit tube was attached to an aspirator.

CHAPTER III.

Experiments in Air.

The experiments described in this chapter, were performed in order to obtain a measure of the deviations which occur, if during a definite period the ordinary atmosphere was replaced by nitrogen. These experiments are of four kinds:

1. Geotropic experiments with seedlings of *Avena sativa.*
2. Phototropic experiments with seedlings of *Avena sativa.*
3. Geotropic experiments with seedlings of *Sinapis alba.*
4. Phototropic experiments with seedlings of *Sinapis alba,*

In all four cases the same method was followed in principles.

The boxes with the seedlings remained for half an hour in the thermostat before stimulation. Two boxes of *Avena* were always arranged together and fastened in the clamp as described on p. 165. During the fore-period of half an hour they were rotated on the axte of the clinostat. This was of course also done after stimulation. In the experiments with seedlings of *Sinapis* only one box at a time was placed in the thermostat, because these, as stated (p. 165) could not be rotated on the clinostat.

A stimulus of definite strength was applied in each set of experiments as follows:

set 1: 900 mg.-secs. i.e. the seedlings remained for 15 minutes in a horizontal position;

set 2: 40 M.C.-secs. i.e. the seedlings were exposed for 8 seconds to the action of a lamp of 5 candle power at a distance of 1 metre;

set 3: 600 mg.-secs. i.e. the seedlings remained for 10 minutes in a horizontal position;

set 4: 400 M.C.-secs. i.e. an exposure of 80 seconds to the lamp of 5 candle power at a distance of 1 m.

The duration of the stimulation was determined accurately by means of a stop-watch.

After this I traced the extent of the maximal curvatures which correspond to these quantities of energy, and the length of the periods which elapse between the beginning of stimulation and the time at which the maximal curvature was reached, i.e. the reaction times. For Arisz [1])' experiments have shown that to each quantity of energy there belongs a maximal curvature of definite extent and a definite curvature time. The extent of the curvature was expressed by the perpendicular deviation of the apex from the vertical, measured over the centre of the coleoptile. This measurement was made by placing a strip of paper marked in millimetres behind the coleoptile. A few preparatory experiments showed after about what interval of time the maximal curvature became visible. In order to determine this curvature-time accurately, the boxes containing seedlings were taken out of the thermostat after different intervals and the curvatures were measured. I tried to narrow the limits defining the time at which maximal curvature appeared; Thus I first measured the

---

[1]) W. H. Arisz. Untersuchungen über den Phototropismus. Recueil des Trav. Botan. Néerland., 1915, Vol. XII. p. 44.

curvatures after 40, then after 90 minutes. Afterwards I compared with one another the results obtained after 50 and 80 minutes, and so on. Therefore Table I does not give the sequence in which the experiments were done.

A. *Geotropic experiments with seedlings of Avena.*

TABLE 1.

Strength of stimulus 900 mg.-secs. Temperature 20° C.

Time elapsed since beginning of stimulation in minutes	Number of seedlings	Extent of the curvatures in m.m.								
40	5	1	1/2	1/2	1/2	1/2				
	5	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1	1				
	9	1 1/2	1	1	1	1	1/2	1/2	1/2	0
	7	1	1	1	1	1	1/2	1/2		
	7	1	1	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2		
	8	1	1	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	
50	8	2	1 1/2	1	1	1	1	1	1/2	
	8	2	2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1	1	1/2	
	6	2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1	1			
	6	1	1	1	1/2	1/2	1/2			
	9	1 1/2	1 1/2	1	1	1	1	1	1/2	1/2
	6	1	1	1/2	1/2	1/2	1/2			
	5	1 1/2	1/2	1/2	1/2	0				
	7	1 1/2	1 1/2	1	1	1	1	1/2		
	7	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1	1	1	1		
60	8	2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	
	7	2	2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1/2	1/2		
	6	2 1/2	2 1/2	2	2	1 1/2	1 1/2			
	9	2	2	2	2	1 1/2	1 1/2	1	1	1/2
	7	2 1/2	2 1/2	2	2	1 1/2	1	1		
	8	3	2 1/2	1	1	1	1	1	1	
	6	3	2 1/2	1 1/2	1	1	0			
	6	3	2	1	1	0	0			

Time elapsed since beginning of stimulation in minutes	Number of seedlings	Extent of the curvatures in m.m.
	7	2 2 2 1 1/2 1 1/2 1 1
	5	2 1 1/2 1 1/2 1 1/2 1
	6	3 2 1/2 1 1/2 1 1 1
	5	2 1/2 2 1 1/2 1 1/2 1 1/2
	7	2 1/2 2 2 1 1 1 1/2
	6	3 1 1/2 1 1/2 1 1/2 1 0
	7	2 1/2 2 1/2 1 1/2 1 1/2 1 1/2 0
	8	2 2 2 1 1/2 1 1/2 1 1 0
	6	3 2 1/2 2 2 1 1/2 1
65	6	2 2 2 1 1/2 1 1/2 1
	6	2 1/2 2 2 1 1/2 1 1
	8	2 1/2 2 2 2 1 1/2 1 1/2 1 1
	9	2 1/2 2 2 1 1/2 1 1 1 1/2 1/2
	8	2 2 2 2 1 1/2 1 1 1
	6	2 2 2 1 1 1/2
	8	3 2 1/2 2 2 2 1 1/2 1 1/2 1
	9	2 2 1 1/2 1 1/2 1 1/2 1 1/2 0 0
	7	2 2 1 1/2 1 1/2 1 1/2 1 1/2 0
	6	2 1/2 2 2 1 1/2 1 1/2 1
	8	3 2 2 2 2 2 1 1/2 1 1/2
	8	2 1/2 2 1 1/2 1 1/2 1 1 1 1/2
	9	2 2 2 1 1/2 1 1 1 1 1/2
	8	2 2 1 1/2 1 1/2 1 1 1 1
	6	2 2 1 1/2 1 1/2 1 1/2 1
70	8	3 2 1/2 2 2 1 1/2 1 1 0
	6	2 1/2 2 1 1/2 1 1/2 1 1/2 0
	7	2 1/2 2 1 1/2 1 1/2 1 1/2 0
	6	2 2 1 1/2 1 1 1/2
	5	1 1/2 1 1/2 1/2 0
	5	3 2 1 1 0
	4	1 1/2 1 1/2 1 1/2
	6	1 1/2 1 1/2 1 1 1 1

Time elapsed since beginning of stimulation in minuten	Number of seedlings	Extent of the curvatures in m.m.
	6	2 1½ 1 1 1 ½
	5	1½ 1 1 1 1
	6	2 2 1½ 1 ½ ½
	7	3 1½ ½ ½ ½ 0 0
	6	3 2 1½ 1 1 1
	6	2 2 1½ 1 1 1
	6	1½ 1½ 1 1 1 ½
	6	2 2 2 2 1½ ½
	4	2½ 1 ½ ½
	5	2 2 1½ 1 1
	7	2 2 1½ 1½ 1½ 1 0
80	7	2 1½ 1 1 1 ½ ½
	5	1½ ½ ½ ½ 0
	6	1½ 1½ 1 1 ½ 0
	6	1½ ½ ½ ½ 0 0
	5	1½ 1½ 1 1 ½
	6	1½ 1 ½ ½ ½ 0
	6	2 2 1 1 ½ ½
	8	2 1½ 1 1 1 ½ ½ ½
90	6	2 1½ 1 0 0 0
	7	1½ 1 ½ ½ 0 0 0
	7	2 1 1 ½ ½ 0 0
	8	1 1 1 1 1 ½ 0 0
	8	2 1½ 1 1 1 ½ ½ 0

It is at once evident from the above table that 40 minutes after the beginning of the stimulation the maximal curvature has not yet been reached and that after 90 minutes it was already falling off. The same applies to the periods of 50 and 80 minutes. The observations after 60 and 70 minutes are summarized in the following table.

TABLE 2.

Number of plants observed after 70 minutes 111 and after 60 minutes 114.

Extent of curvature in m.m.	Number of plants		Percentage	
	70 min.	60 min.	70 min.	60 min.
3	4	6	3.5	5
$2^1/_2$	4	12	3.5	10
2	21	24	19	20
$1^1/_2$	25	32	22.5	29
1	34	28	30.5	25
$^1/_2$	15	6	13.5	5
0	8	6	7	5

A consideration of table 2 suggests that for both observation times the percentage of curvatures of 2 m.m. is rather high, that after 60 minutes the magnitude of the curvatures is still increasing but that after 70 minutes it is already falling off again. If this be so, the extent of curvature after 65 minutes should exceed those after 60 and 70 minutes. For this reason determinations were made after 65 minutes. The results are summarized from table 1, as follows:

TABLE 3.

The total number of plants was 112.

Extent of curvature in m.m.	Number of plants	Percentage
3	2	2
$2^1/_2$	6	5
2	39	35
$1^1/_2$	28	25
1	28	25
$^1/_2$	6	5
0	3	3

We see indeed that the extent of the curvature is considerably greater than after 60 or after 70 minutes, while from the high percentage of curvatures of 2 m.m. we may draw the conclusion that the maximal reaction is 2 m.m. This occurs after 65 minutes, so that for the maximal curvature of 2 m.m. the reaction time amounts to 65 minutes.

B. *Phototropic experiments with Avena seedlings.*

The strength of stimulus selected was 40 metre-candle-power-seconds (M.C.S.). As was stated above I had to illuminate the seedlings with my lamp for 8 seconds. After the exposure, they were again rotated on the clinostat axte and after various intervals from the beginning of stimulation the extent of curvature was determined in the same manner as under A.

TABLE 4.

Strength of stimulus 40 M.C.S. Temperature 20° C.

Time elapsed since beginning of stimulation in minutes	Number of seedlings	Extent of the curvatures in m.m.								
60	9	1 1/2	1	1	1	1	1	1	1/2	0
	9	1	1	1	1	1	1/2	1/2	0	0
	8	2	2	1 1/2	1	1	1/2	1/2	0	
	6	1 1/2	1	1	1/2	1/2	0			
	5	1/2	1/2	1/2	0	0				
	5	1	1/2	1/2	1/2	0				
65	7	2	2	1 1/2	1 1/2	1	1	1		
	7	1 1/2	1 1/2	1	1	1	1	1/2		
	8	2	2	1 1/2	1	1	1	1/2	1/2	
	8	2	2	1 1/2	1 1/2	1	1	0	0	
	8	1 1/2	1	1	1/2	1/2	1/2	0	0	
	7	1 1/2	1 1/2	1	1	1/2	0	0		

Time elapsed since beginning of stimulation in minutes	Number of seedlings	Extent of the curvatures in m.m.
70	6	3 2½ 2 2 1½ 1½
	7	2 2 2 1½ 1½ 1 1
	7	3 2 2 2 1½ 1 ½
	9	3 2 2 1½ 1 1 ½ 0 0
	7	2 1½ 1 1 1 1 0
	7	2½ 2 2 1½ 1 1 1
	9	3 2 2 2 1 1 1 ½ ½
	7	2½ 2 1½ 1½ 1 1 0
	6	2½ 1½ ½ ½ 0 0
	7	2 2 1½ ½ ½ 0 0
	8	2 2 2 2 1½ 1 1 0
	9	2½ 2 2 1½ 1½ 1 1 1 ½
	8	2 2 1 1 1 ½ ½ 0
	7	2 2 1½ 1½ 1 ½ ½
	5	3 2½ 2 1½ 1
	9	2 2 1½ 1½ 1 1 1 0 0
	7	3 2 1½ 1½ 1½ 1 ½
	8	2 2 2 1½ 1½ 1 1 1
75	6	2 2 2 1½ 1 1
	7	3 2½ 2 2 1 1 ½
	6	2½ 2 2 2 ½ 0
	6	2½ 2 2 1 1 ½
	8	2 2 2 2 1½ 1½ 1½ 1
	5	2½ 2 2 1½ ½
	9	2 2 2 2 ½ ½ ½ ½ 0
	7	2½ 2 2 2 1½ 1 0
	6	2 2 1 1 ½ 0
	6	2 2 2 1½ 1 1
	4	2 2 1½ 1½
	6	2 2 1½ 1½ 1 ½
	8	3 2 2 2 2 1½ 1 ½
	7	2½ 2 1½ 1 1 1 ½

Time elapsed since beginning of stimulation in minutes	Number of seedlings	Extent of the curvatures in m.m.								
	8	2	2	2	2	2	1	1	0	
	7	3	3	3	2	1	1	$^1/_2$		
	4	2	2	$1^1/_2$	1					
80	8	3	$2^1/_2$	$2^1/_2$	$2^1/_2$	$2^1/_2$	$2^1/_2$	1	$^1/_2$	
	8	2	2	2	2	2	$1^1/_2$	$1^1/_2$	$^1/_2$	
	7	3	2	$1^1/_2$	$1^1/_2$	1	1	1		
	6	$2^1/_2$	2	2	$1^1/_2$	1	$^1/_2$			
	9	3	2	2	2	$1^1/_2$	1	$^1/_2$	$^1/_2$	0
	8	$2^1/_2$	2	2	$1^1/_2$	$1^1/_2$	1	$^1/_2$	$^1/_2$	
	7	2	2	$1^1/_2$	1	1	1	$^1/_2$		
	9	$2^1/_2$	2	$1^1/_2$	1	1	$^1/_2$	$^1/_2$	$^1/_2$	0
	8	2	2	1	1	1	1	0	0	
	8	$1^1/_2$	$1^1/_2$	1	1	1	1	0	0	
	8	2	2	$1^1/_2$	$1^1/_2$	1	1	1	0	
	9	2	2	$1^1/_2$	$1^1/_2$	$1^1/_2$	$1^1/_2$	$1^1/_2$	0	0
	9	$2^1/_2$	2	2	2	$1^1/_2$	1	1	0	0
	6	2	$1^1/_2$	1	1	1	$^1/_2$			
	7	2	2	2	$1^1/_2$	1	$^1/_2$	0		
90	9	2	1	$^1/_2$	$^1/_2$	$^1/_2$	0	0	0	0
	5	$2^1/_2$	2	$1^1/_2$	$1^1/_2$	$^1/_2$				
	8	$1^1/_2$	1	$^1/_2$	$^1/_2$	0	0	0	0	
	8	1	1	1	1	$^1/_2$	$^1/_2$	0	0	

A consideration of the numbers of this table shows at once that after 60 and 65 minutes the maximal curvature has not been reached and that after 90 minutes it is already falling off again. The observations after 70 and 80 minutes are collected in a separate table as follows:

TABLE 5.

Number of plants observed after 70 minutes 133, after 80 minutes 117.

Extent of curvature in m.m.	Number of plants		Percentages	
	70 min.	80 min.	70 min.	80 min.
3	6	3	4.5	2.5
$2^1/_2$	6	9	4.5	·7.5
2	36	29	27	25
$1^1/_2$	25	22	19	19
1	34	29	26	25
$^1/_2$	14	13	10	11
0	12	12	9	10

For the same reason, why in table 1 the observations were made after 65 minutes, they were made in this case after 75 minutes. The result is here quite simular, as is seen from table 6.

TABLE 6.

Number of plants observed after 75 minutes 110.

Extent of curvature in m.m.	Number of plants	Percentage
3	5	4.5
$2^1/_2$	6	5.5
2	45	41.5
$1^1/_2$	14	12.5
1	22	20
$^1/_2$	13	11.5
0	5	4.5

A comparison of tables 5 and 6 makes it quite evident, on account of the high percentage of curvatures of 2 m.m. in table 6, that the reaction time at a strength of 40 M.C.S. is 75 minutes and that the maximal curvature is 2 m.m.

C. *Geotropic experiments with Sinapis seedlings.*

Sinapis seedlings grown in the dark show a curve in the hypocotyl, so that the upper part of this organ, with the two cotyledons, is at right angles to the lower portion. The cotyledons do not spread out (fig. 1). The germinated seeds were always planted in such a way that all plants had the bent portion pointing in the same direction. In order to render good measurements, the curvature was always induced in such a manner, that they became opposed to the natural curve of the hypocotyl.

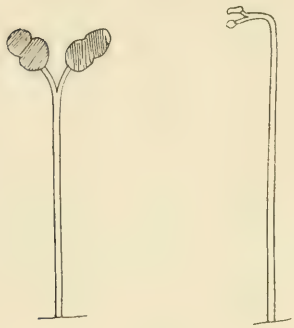


Fig. 1.

A striking feature of the experiments was the large number of plants which did not curve. I have therefore introduced into the tables a new column, for the plants which did not curve, which I have left out of account in my determination of the maximal reaction. A few preliminary experiments with a strength of stimulus of 900 m.g.-secs. showed, that this gave with *Sinapis* a much stronger curvature than with *Avena*, so that I chose a duration of the stimulus of 10 minutes, which consequently corresponds to a strength of stimulus of 600 m.g.-secs. As I did the experiments on *Sinapis* in the summer months, it was impossible to keep the temperature constant at 20° C, so that for all these experiments I chose a temperature 3 degrees higher.

TABLE 7.

Strength of stimulus 600 m.g.-secs. Temperature 23° C.

Time elapsed since beginning of stimulation in minutes	Number of seedlings curved	Number of seedlings not curved	Extent of curvatures in m.m.
40	4	2	4 3 $2^1/_2$ $2^1/_2$
	5	0	5 4 3 3 $2^1/_2$
	7	2	3 3 3 2 2 2 1
	5	3	3 3 $2^1/_2$ 2 2
	6	2	2 2 2 2 $1^1/_2$ 1
	5	4	2 2 $1^1/_2$ $1^1/_2$ $1^1/_2$
	4	2	3 2 2 1
	4	1	3 $2^1/_2$ $2^1/_2$ 1
	5	1	4 3 3 3 $2^1/_2$
	4	1	3 3 2 $1^1/_2$
	4	0	4 $2^1/_2$ 2 2
	5	2	$2^1/_2$ $2^1/_2$ $2^1/_2$ 2 2
	3	3	3 $2^1/_2$ 1
	4	3	$2^1/_2$ $2^1/_2$ $1^1/_2$ 1
	5	1	4 3 2 2 2
	4	2	3 $2^1/_2$ 2 1
45	4	2	3 $2^1/_2$ $2^1/_2$ 2
	6	2	4 3 3 3 3 $2^1/_2$
	6	2	3 3 3 $2^1/_2$ 2 2
	4	1	$2^1/_2$ $1^1/_2$ $1^1/_2$ $1^1/_2$
	4	0	3 3 2 $1^1/_2$
	4	2	3 3 3 2
	5	3	4 3 3 2 $1^1/_2$
	4	2	$2^1/_2$ $1^1/_2$ $1^1/_2$ 1
	4	1	3 $2^1/_2$ 2 2
	5	3	4 4 3 2 2
	4	0	3 3 2 $1^1/_2$
	3	3	3 3 $1^1/_2$
	7	1	4 3 3 3 $2^1/_2$ $2^1/_2$ 1

Time elapsed since beginning of stimulation in minutes	Number of seedlings curved	Number of seedlings not curved	Extent of curvatures in m.m.
	5	1	3 3 $2^1/_2$ $2^1/_2$ 2
	5	4	5 3 3 $2^1/_2$ $1^1/_2$
	4	0	3 3 $2^1/_2$ 2
	4	2	3 $2^1/_2$ $1^1/_2$ $1^1/_2$
	7	1	3 3 $2^1/_2$ $2^1/_2$ $2^1/_2$ 2 $1^1/_2$
	4	3	3 $2^1/_2$ 2 $1^1/_2$
	3	3	3 2 1
	6	0	3 3 3 3 2 2
50	4	2	5 4 $2^1/_2$ 2
	6	2	3 3 3 $2^1/_2$ $2^1/_2$ 2
	4	3	3 $2^1/_2$ $2^1/_2$ 2
	6	2	4 3 2 2 2 1
	4	2	4 3 3 2
	4	1	3 3 2 2
	4	3	3 $2^1/_2$ $1^1/_2$ $1^1/_2$
	5	1	3 $2^1/_2$ $2^1/_2$ 2 2
	4	2	3 $2^1/_2$ 2 $1^1/_2$
	4	2	3 $2^1/_2$ $1^1/_2$ 1
	4	0	4 $2^1/_2$ $1^1/_2$ $1^1/_2$
	4	2	3 3 $1^1/_2$ 1
	4	3	3 $2^1/_2$ $2^1/_2$ 2
	7	0	3 3 3 3 $2^1/_2$ $2^1/_2$ $2^1/_2$
	5	0	3 3 2 $1^1/_2$ 1
	7	0	3 3 $2^1/_2$ 2 $1^1/_2$ $1^1/_2$ 1
	4	1	4 3 $2^1/_2$ $1^1/_2$
	5	1	3 2 2 $1^1/_2$ $1^1/_2$
	4	0	4 3 3 $2^1/_2$
60	6	2	2 2 $1^1/_2$ 1 $^1/_2$
	4	2	2 2 $1^1/_2$ 1
	4	2	3 2 2 $^1/_2$
	3	2	2 $^1/_2$ $^1/_2$
	5	2	3 2 2 1 1

The time in which the maximal curvature is brought about, follows at once from tables of the curvatures after 40, 50 and 45 minutes.

TABLE 8.

Number of plants observed after 40 minutes 74, after 50 minutes 95.

Extent of curvature in m.m.	Number of plants		Percentage	
	40 min.	50 min.	40 min.	50 min.
5	1	1	1.5	1
4	5	6	7	6.5
3	18	31	25	32
$2^1/_2$	15	19	20	20
2	22	19	30	20
$1^1/_2$	6	13	8	13.5
1	7	6	9	6.5

TABLE 9.

Number of plants observed after 45 minutes 98.

Extent of curvature in m.m.	Number of plants	Percentage
5	1	1
4	5	5
3	39	40
$2^1/_2$	18	18.5
2	18	18.5
$1^1/_2$	14	14.5
1	3	3

Since the percentage of seedlings which after 45 minutes show a curvature of 3 m.m., is considerably higher than after 40, or after 50 minutes, it follows that in this case the reaction time is 45 minutes and the maximal curvature 3 m.m.

D. *Phototropic experiments with Sinapis seedlings.*

So far we have seen, that in *Avena* at a temperature of 20° there is required for a geotropic curvature of 2 m.m. a stimulus of 900 m.g.-secs. and for an equally strong phototropic curvature a stimulus of 40 M.C.S., further that in *Sinapis* at 23° a geotropic reaction of 3 m.m. is brought about by a stimulus of 600 m.g.-secs. We might therefore expect that for a phototropic curvature of 3 m.m. in *Sinapis* a stimulus of less than 40 M.C.S. would be required. I began therefore with a quantity of light of 25 M.C.S. but even after two hours I could not see the slightest reaction. Then I tried with 40, 60 M.C.S. but always with the same negative result. Finally I stimulated with 400 M.C.S. and in that case observed a distinct curvature after one hour.

TABLE 10.

Strength of stimulus 400 M.C.S. Temperature 23° C.

Time elapsed since beginning of stimulation in minutes	Number of seedlings curved	Number of seedlings not curved	Extent of curvature in m.m.				
	5	3	2	1½	1½	1½	1
	3	3	2	1	1		
	3	2	1½	1½	1		
	4	4	2	1½	1	1	
	5	3	1½	1½	1	1	1
	4	2	1½	1½	1	1	

Time elapsed since beginning of stimulation in minutes	Number of seedlings curved	Number of seedlings not curved	Extent of curvature in m.m.						
	4	2	2	2	$1^1/_2$	1			
	4	2	$2^1/_2$	2	$1^1/_2$	1			
	3	3	$1^1/_2$	$1^1/_2$	1				
	5	1	$1^1/_2$	$1^1/_2$	1	1	1		
	4	5	$2^1/_2$	$1^1/_2$	1	1			
	4	3	3	2	$1^1/_2$	1			
	4	4	3	2	$1^1/_2$	$1^1/_2$			
60	6	1	2	2	$1^1/_2$	$1^1/_2$	1	1	
	3	2	3	2	$1^1/_2$				
	3	2	2	$1^1/_2$	1				
	4	0	$2^1/_2$	2	2	1			
	5	2	2	2	2	$1^1/_2$	1		
	4	1	$2^1/_2$	$2^1/_2$	$2^1/_2$	2			
	4	2	2	2	1	1			
	4	2	3	$2^1/_2$	2	2			
	7	2	3	2	$1^1/_2$	$1^1/_2$	$1^1/_2$	1	1
	5	2	2	2	2	$1^1/_2$	1		
	5	3	2	2	2	$1^1/_2$	$1^1/_2$		
	5	1	2	$1^1/_2$	$1^1/_2$	1	1		
65	4	1	$1^1/_2$	$1^1/_2$	1	1			
	4	2	3	3	$1^1/_2$	1			
	5	0	$2^1/_2$	$1^1/_2$	$1^1/_2$	$1^1/_2$	1		
	6	3	2	2	2	$1^1/_2$	1	1	
	5	1	2	2	$1^1/_2$	1	1		
	6	3	3	$2^1/_2$	2	2	$1^1/_2$	$1^1/_2$	
	4	2	$1^1/_2$	$1^1/_2$	1	1			
	3	3	$1^1/_2$	1	1				
	4	3	2	$1^1/_2$	1	1			
	4	0	2	2	2	2			
	4	3	2	2	2	$1^1/_2$			
	6	2	2	2	2	$1^1/_2$	$1^1/_2$	1	
	4	2	2	2	$1^1/_2$	1			

Time elapsed since beginning of stimulation in minutes	Number of seedlings curved	Number of seedlings not curved	Extent of curvature in m.m.
70	3	3	$1^1/_2$ $1^1/_2$ 1
	3	2	2 1 1
	5	2	3 $1^1/_2$ $1^1/_2$ 1 1
	3	2	2 1 1
	4	2	$1^1/_2$ 1 1 1
	5	1	2 $1^1/_2$ $1^1/_2$ $1^1/_2$ $1^1/_2$
	4	2	$2^1/_2$ 2 $1^1/_2$ $1^1/_2$
	6	3	3 $2^1/_2$ $2^1/_2$ 2 $1^1/_2$ $1^1/_2$
	3	2	$1^1/_2$ $1^1/_2$ 1
	5	0	3 $2^1/_2$ $1^1/_2$ $1^1/_2$ 1
	5	1	$1^1/_2$ $1^1/_2$ $1^1/_2$ $1^1/_2$ 1
	6	2	2 $1^1/_2$ $1^1/_2$ $1^1/_2$ 1 1

The observations for 55, 65 and 60 minutes are summarized below as before.

TABLE 11.

Number of plants observed after 55 minutes 52, after 65 minutes 59.

Extent of curvature in m.m.	Number of plants		Percentage	
	55 min.	65 min.	55 min.	65 min.
3	2	3	4	5
$2^1/_2$	2	2	4	3.5
2	8	20	15	37
$1^1/_2$	20	18	38.5	31.5
1	20	16	38.5	27

TABLE 12.

Number of plants observed after 60 minutes 55.

Extent of curvature in m.m.	Number of plants	Percentage
3	3	5.5
$2^1/_2$	5	9
2	22	40
$1^1/_2$	13	23.5
1	12	22

A comparison of these two tables, together with the high percentage of curvatures of 2 m.m. after an observation time of 60 minutes, shows at once that with a stimulus of 400 M.C.S. the maximal reaction for *Sinapis* seedlings is 2 m.m. and that it reached after 60 minutes.

If we compare the results obtained with *Avena* and with *Sinapis,* the much greater variability of the curvatures of the latter plant is at once evident and further the large number of non-reacting seedlings. As against 289 *Sinapis* seedlings which gave a geotropic reaction, there were 102 which did not curve, i.e. of the 391 objects used 102, or 26.1 %, did not react. In the phototropic experiments 104 of the 322 seedlings remained straight, i.e. 32.3 %. These figures show that we must not be too ready to draw conclusions from the non-curvature of a few seedlings.

CHAPTER IV.

Effect of the complete withdrawal of free oxygen on the perception.

In order to find out whether oxygen is necessary for the perception of a stimulus, I first left the seedlings for some time in the thermostat through which a continuous current of nitrogen was passed. After this they were stimulated in nitrogen whilst the nitrogen current was at once replaced by air, drawn through the thermostat by means of an aspirator. The seedlings were therefore in ordinary air during the reaction-time.

An examination of the gas, that flows out of the thermostat, showed me, that after $1^1/_2$ to 2 hours all the original air had been expelled. When, for instance, a fore-period of 3 hours in nitrogen is spoken of in the tables, there 3 hours are reckoned from the beginning of the passing through of the current, so that during the first 2 hours the seedlings were not yet in an atmosphere of pure nitrogen.

A. *Geotropic experiments with Avena.*

The seedlings of *Avena* were placed vertically in the thermostat [1]), whilst for a time nitrogen was passed through, then they were for 15 minutes geotropically stimulated

[1]) For this reason henceforward the experiments were carried out with one box at a time. A second box was indeed fastened in the clamp, but this served exclusively to balance the other in order to secure the uniform rotation of the clinostat during the reaction-time.

and afterwards whilst air was drawn through they were rotated on the clinostat. The extent of the curvature was then always measured after 65 minutes, namely, the reaction-time in air. These measurements were made in red light, because I afterwards placed the objects again for some time on the clinostat in order to find out whether, in those cases, in which the reaction after 65 minutes was weaker than it would have been in ordinary air, there might possibly be an increase again afterwards. This possibility was in no case realised, so that, by perception in nitrogen no lengthening of the reaction-time was caused.

TABLE 13.

Strength of stimulus 900 m.g.-secs. Temperature 20° C. Reaction-time 65 minutes.

Fore-period in nitrogen	Number of seedlings	Extent of the curvatures in m.m.							
2 hours	7	2½	2	2	1½	1½	1	0	
	5	3	2	1	1	1			
	5	2	2	2	1	1			
	6	2½	1½	1½	1½	1½	½		
	4	2	1½	1½	1				
	7	3	2½	2	1½	1	1	½	
	6	2	2	2	1½	1½	½		
	6	2	2	1½	1	1	0		
	8	2	2	2	2	1½	1½	1	0
3 hours	6	2	2	1½	1½	1	1		
	6	2	1½	1½	1	½	½		
	7	2	2	1½	1½	1	1	½	
	7	2	2	2	1½	1½	1½	1½	
	4	2	1½	1½	0				
	7	2½	2	1½	1½	1½	1½	1	
	7	3	2	2	1½	1½	1½	1½	
	8	2½	2	2	2	1½	½	½	½

Fore-period in nitrogen	Number of seedlings	Extent of the curvatures in m.m.
	7	2 2 2 1 $^1/_2$ 0 0
	6	$2^1/_2$ 2 2 2 $1^1/_2$ $1^1/_2$
	9	$2^1/_2$ 2 2 2 2 $1^1/_2$ $1^1/_2$ 1 1
	8	2 2 2 $1^1/_2$ $1^1/_2$ $1^1/_2$ 1 $^1/_2$
	5	2 2 $1^1/_2$ 1 $^1/_2$
	9	3 3 $2^1/_2$ 2 2 $1^1/_2$ $1^1/_2$ $1^1/_2$ 1
	7	$2^1/_2$ 2 2 2 $1^1/_2$ 1 1
5 hours	5	1 1 $^1/_2$ 0 0
	7	1 1 1 $^1/_2$ 0 0 0
	5	1 $^1/_2$ $^1/_2$ $^1/_2$ 0
	4	$^1/_2$ $^1/_2$ 0 0
6 hours	8	all without curvature
	5	" " "
	7	" " "

It follows therefore from this table that a fore-period of 2 or 3 hours has not the least effect, as directly appears when, for instance, the results of observations with a fore-period of 3 hours are collected in a table, as follows:

TABLE 14.

Number of plants observed 103.

Extent of the curvatures in m.m.	Number of plants	Percentage
3	3	3
$2^1/_2$	6	6
2	35	34
$1^1/_2$	33	32
1	14	13.5
$^1/_2$	9	8.5
0	3	3

If the percentage-figures are compared with those of table 3, the agreement is very striking, for both tables show a maximal curvature of 2 m.m. When there is a fore-period of 5 hours in nitrogen a great weakening of the reaction is traceable, whilst there is absolutely no reaction when the fore-period in nitrogen amounts to 6 hours. (Pl. XVIII, fig. 1).

B. *Phototropic experiments with Avena.*

Everything that has been said of the course of the geotropic experiments, applies also mutatis mutandis to these, with the difference naturally, that the stimulus used was 40 M.C.S. and that the extent of curvature was measured after 75 minutes. Here also the curvature-process was followed out for a longer time, but no increase in the reaction was ever observed.

TABLE 15.

Strength of stimulus 40 M.C.S. Temperature 20° C.
Reaction-time 75 minutes.

Fore-period in nitrogen	Number of seedlings	Extent of curvatures in m.m.
3 hours	6	2 2 1 1/2 1 1/2 1 1
	7	2 1/2 2 2 2 1 1/2 1 1/2
	5	2 2 1 1/2 1 1/2 1/2
	5	2 2 1 1 1
	6	3 2 2 2 1 0
	4	2 2 1 1/2 1
	8	2 1/2 2 1/2 2 2 1 1/2 1 1/2 1/2
	5	2 2 1 1/2 1/2 0
	6	2 2 2 1 1/2 1 1
	6	2 2 2 1 1/2 1/2 1/2

Fore-period in nitrogen	Number of seedlings	Extent of curvatures in m.m.
	8	3 2 2 $1^1/_2$ $1^1/_2$ 1 1 0
	4	2 $1^1/_2$ $1^1/_2$ 1
6 hours	5	$1^1/_2$ 1 $^1/_2$ $^1/_2$ $^1/_2$
	8	$1^1/_2$ $^1/_2$ $^1/_2$ $^1/_2$ 0 0 0 0
	7	1 1 $^1/_2$ $^1/_2$ 0 0 0
	4	$^1/_2$ $^1/_2$ $^1/_2$ $^1/_2$
	6	1 $^1/_2$ $^1/_2$ $^1/_2$ 0 0
	5	$1^1/_2$ $^1/_2$ $^1/_2$ $^1/_2$ 0
	7	1 1 $^1/_2$ $^1/_2$ $^1/_2$ 0 0
8 hours	6	all without curvature
	6	" " "
	8	" " "

Even without collectury the results in a table, it is at once seen that a fore-period of 3 hours has as little effect as in the geotropic experiments. If the fore-period lasts 6 hours then the influence is undoubtedly noticeable, because the reaction is considerably weaker, whilst it remains entirely absent when the seedlings before stimulation have been for 8 hours in a nitrogen atmosphere.

From all these experiments it follows therefore that the seedlings must be deprived of oxygen for a considerable time in order that a reaction may be completely inhibited.

There are clearly two possible explanations of this:

1. It is possible that the objects of experiment in consequence of intramolecular respiration have sufficient energy at this disposal to enable them, after a long time, albeit to a lesser degree, to perceive a stimulus and execute a reaction, when after stimulation they have again been supplied with atmospheric air.

2. The material has only apparently been deprived of air for all these hours, since it is quite possible that besides in the intercellular cavities of the cells there still remains after a long time a certain quantity of air in the cavity between the coleoptile and the first leaf. Consequently oxygen-respiration continues at first in sufficient degree to explain the occurrence of the reaction. In order to decide between these two possibilities I have carried out the same experiments with seedlings of *Sinapis alba*, because in them the cavities under the cotyledons are absent.

C. *Geotropic experiments with Sinapis.*

The experiments were therefore repeated in the same manner, namely, a fore-period in nitrogen, afterwards geotropic stimulation also in nitrogen, by placing the seedlings for 10 minutes in a horizontal position. Then atmospheric air was passed through in order that a possible reaction might take place.

TABLE 16.

Strength of stimulus 600 m.g.-secs. Temperature 23° C.
Reaction-time 45 minutes.

Fore-period in nitrogen	Number of seedlings	Extent of the curvatures in m.m.
1 hour	5	4 $2^1/_2$ $1^1/_2$ 1 0
	5	5 3 3 $2^1/_2$ $2^1/_2$
	6	3 3 3 $2^1/_2$ 1 0
	6	3 3 $2^1/_2$ 2 2 0
	4	3 2 2 0
	7	3 3 2 $1^1/_2$ $1^1/_2$ 0 0
3 hours	4	$1^1/_2$ $1^1/_2$ 1 0
	4	$2^1/_2$ 2 0 0

Fore-period in nitrogen	Number of seedlings	Extent of the curvatures in m.m.
4 hours	4	3 1 1 1
	6	$1^1/_2$ $1^1/_2$ 1 1 0 0
	6	$2^1/_2$ 2 $1^1/_2$ 1 1 0
	5	2 2 1 1 0
	5	1 0 0 0 0
	6	all without curvature
	7	" " "
	4	" " "
	5	" " "

A fore-period of 1 hour has no effect, as might be expected, because there was as yet no pure nitrogen in the thermostat. With a fore-period of 3 to 4 hours a weakening of the reaction is clearly seen, whilst further the table shows that seedlings which have been for 4 hours without oxygen, remain upright, notwithstanding stimulation. (Pl. XVIII, fig. 2).

D. *Phototropic experiments with Sinapis.*

TABLE 17.

Strength of stimulus 400 M.C.S. Temperature 23° C.
Reaction-time 60 minutes.

Fore-period in nitrogen	Number of seedlings	Extent of the curvatures in m.m.
1 hour	6	2 2 1 1 0 0
	5	2 $1^1/_2$ 1 0 0
	7	2 2 2 $1^1/_2$ 1 0 0
	4	$2^1/_2$ 2 2 1
	6	3 $2^1/_2$ 2 2 0 0

Fore-period in nitrogen	Number of seedlings	Extent of the curvatures in m.m.
3 hours	6	2 $1^1/_2$ $1^1/_2$ 1 1 0
	5	$1^1/_2$ $1^1/_2$ $1^1/_2$ 1 0
	6	2 $1^1/_2$ 1 1 0 0
	6	2 2 1 1 1 0
	5	$1^1/_2$ $1^1/_2$ 1 0 0
	7	2 $1^1/_2$ $1^1/_2$ 1 1 0 0
4 hours	4	$1^1/_2$ 0 0 0
	5	1 0 0 0 0
	4	1 0 0 0
	4	all without curvature
	4	" " "
	5	" " "
	7	" " "

In this case also after a fore-period of 3 hours in nitrogen a weakened reaction is seen to take place, whilst it further follows from the table, that seedlings, which have passed 4 hours in a space without oxygen are no longer able to react to the stimulus.

A comparison of the results of the experiments with *Avena* and with *Sinapis* shows that, in the case of the latter the reaction is indeed abolished sooner, but the differences are too slight to allow of the deduction that the seedlings of *Avena* react so much longer in consequence of the oxygen present in the space under the coleoptile. If this were the case, then the difference between the two would have to be greater and the irritability in *Sinapis* would have to disappear much earlier. I think I may therefore conclude that in both cases it is due to intra-molecular respiration that a stimulus can yet have an effect after the seedlings have passed a somewhat long fore-period in nitrogen.

These experiments therefore all have the same result. We find that when the seedlings have been deprived of oxygen for a sufficiently long time, a stimulus applied in nitrogen cannot find expression, although immediately after stimulation, the nitrogen was replaced by atmospheric air.

May we then at once conclude, that the stimulus is not perceived? I imagine not, for it is always quite possible that in all the cases described above, the stimulus was really perceived, but that the processes in the plant which cause the reaction had already been affected in advance by the prolonged absence of oxygen to such an extent that no curvatures took place. In order to settle this point, I did experiments in which the seedlings were given as long a fore-period in nitrogen, as in those cases described above in which a reaction no longer occured, but now the stimulus was not applied until the nitrogen had been replaced by air, so that therefore stimulation took place in air. The passing through of air was of course continued during the reaction-time.

E. *Geotropic experiments with Avena.*

A fore-period of 6 hours in nitrogen. Afterwards for $^1/_4$ hour geotropic stimulation in air. (Pl. XVIII, fig. 3).

TABLE 18.

Strength of stimulus 900 m.g.-secs. Temperature 20° C. Reaction-time 65 minutes.

Fore-period in nitrogen	Number of seedlings	Extent of the curvatures in m.m.							
6 hours	8	2	$1^1/_2$	1	1	1	1	$^1/_2$	$^1/_2$
	7	$1^1/_2$	$1^1/_2$	1	1	1	1	$^1/_2$	
	7	2	1	1	1	1	1	$^1/_2$	
	8	$1^1/_2$	$1^1/_2$	$1^1/_2$	1	1	1	$^1/_2$	$^1/_2$

If this table is compared with the results obtained after a fore-period in oxygen of 6 hours, which are collected in table 13, then the difference can only be explained by the fact that in the earlier experiments the stimulus was given in the absence of and in the later ones in the presence of oxygen. We have now therefore become entitled to the conclusion that the seedlings can no longer perceive a geotropic stimulus when they have been for a long time deprived of oxygen.

We should note, however, that the curvature of table 18 are smaller than those wich arise under normal conditions. This suggests, that, as a result of continued want of oxygen, the seedlings undergo a harmful influence, which is still felt when normal conditions are re-established.

F. *Phototropic experiments with Avena.*

Fore-period of 8 hours in nitrogen. Afterwards phototropic stimulation in air. (Pl. XVIII, fig. 4),

TABLE 19.

Strength of stimulus 40 M.C.S. Temperature 20° C.
Reaction-time 75 minutes.

Fore-period in nitrogen	Number of seedlings	Extent of the curvatures in m.m.
8 hours	9	$1\frac{1}{2}$ $1\frac{1}{2}$ 1 1 $\frac{1}{2}$ $\frac{1}{2}$ $\frac{1}{2}$ $\frac{1}{2}$ 0
	8	$1\frac{1}{2}$ $1\frac{1}{2}$ 1 1 $\frac{1}{2}$ $\frac{1}{2}$ $\frac{1}{2}$ 0
	6	1 1 $\frac{1}{2}$ $\frac{1}{2}$ $\frac{1}{2}$ $\frac{1}{2}$
	8	$1\frac{1}{2}$ $1\frac{1}{2}$ 1 1 1 $\frac{1}{2}$ $\frac{1}{2}$ 0

The result is exactly the same as in the geotropic experiments and it follows in the same way that the

seedlings, in consequence of the lengthy absence of oxygen, are unable to perceive a phototropic stimulus.

A stimulus in ordinary air, after a long fore-period in nitrogen, is indeed perceived, the plant seems however to have lost a part of its power of perception, as is shown by the curvatures being smaller than when the whole process takes place under normal conditions.

CHAPTER V.

Effect of the complete withdrawal of free oxygen on the reaction.

The influence of oxygen on the perception was determined, by stimulation in nitrogen, after a long fore-period in the same gas, and allowing the reaction to take place in atmospheric air. This suggests a consideration of the influence of oxygen on the reaction-process in the reverse direction, by allowing the seedlings to perceive in ordinary air and to rotate them on the clinostat in nitrogen during the reaction-time. But this method is quite impracticable, because the replacement of atmospheric air by nitrogen requires $1^1/_2$ to 2 hours and it is therefore impossible to place the material in nitrogen at once after perception.

I had therefore to proceed in a wholly different manner. I began by giving the seedlings a fore-period of 3 hours in nitrogen, then stimulated them in nitrogen and left them in it for the whole of the reaction-time. The difference between these experiments and those under A, B, C and D of chapter IV lies therefore in the fact that there a normal reaction occurred in atmospheric air, after the fore-period in nitrogen had lasted three hours, and the stimulus had been applied in this gas, whilst in these experiments the whole stimulation-process took place in nitrogen.

If there is an unequivocal difference between the two sets of experiments, then it can only be attributed to the influence on the reaction of the deprivation of oxygen.

The strength of the stimulus was of course the same in both series of experiments.

I left a few boxes of seedlings in a nitrogen atmosphere in the clinostat for a considerable time after stimulation and in this way followed the course of the process for a somewhat longer time than the normal reaction-time.

I carried out these experiments in order to discover whether there was perhaps in this case, in consequence of the absence of oxygen, a lengthening of the reaction-time. In no case, however, was a curvature found. In a second series of experiments, I always stopped the supply of nitrogen after the end of the reaction-time, that is to say, after the period that was found, in the previous chapters to be the reaction-time. Then ordinary air was sucked through the thermostat for some time. In that case after a certain time a curvature took place, albeit a weak one.

A. *Geotropic experiments with Avena.*

Fore-period of 3 hours in nitrogen. Then stimulation in nitrogen, followed by a prolonged-period, also in nitrogen.

TABLE 20.

Strength of stimulus 900 m.g.-secs. Temperature 20° C.

Fore-period in nitrogen.	Time elapsed since the beginning of stimulation in minutes.	Number of seedlings	Extent of the curvatures in m.m.
3 hours	65	7	all without curvatures
	100		,, ,, ,,
	125		,, ,, ,,
	150		,, ,, ,,
	65	8	all without curvatures
	100		,, ,, ,,

Fore-period in nitrogen	Time elapsed since the beginning of stimulation in minutes	Number of seedlings	Extent of the curvatures in m.m.
	130		all without curvatures
	65	8	7 plants without curvatures, 1 with asymmetric apex.
	100		"
	130		"
	65	7	all without curvatures

This table shows that when a geotropic stimulus is perceived, the latter does not express itself in the absence of oxygen.

B. *Geotropic experiments with Avena.*

Fore-period of 3 hours in nitrogen. Stimulation in this gas; 65 minutes after the commencement of stimulation the nitrogen replaced by atmospheric air (Pl. XVIII, fig. 5).

TABLE 21.

Strength of stimulus 900 m.g.-secs. Temperature 20° C.

Fore-period in nitrogen	Time elapsed since the beginning of stimulation in minutes	Number of seedlings	Extent of the curvatures in m.m.								
3 hours	65	9	1/2	0	0	0	0	0	0	0	0
	125		1	1/2	0	0	1/2	1/2	0	1/2	1
	65	8	0	0	0	0	0	0	0	0	
	90		0	0	1/2	1/2	1/2	1/2	0	1/2	
	120		1/2	1/2	1/2	1	1/2	1 1/2	0	1/2	
	65	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	120		1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1	1/2
	65	7	1/2	0	0	0	0	0	0		
	125		1 1/2	0	1/2	1/2	1	0	1 1/2		
	65	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	105		1	0	0	1/2	1	1	1	1/2	1/2

If this table is compared with the foregoing one, the curvatures which have occured must be attributed to the oxygen, which after 65 minutes began to replace the nitrogen. These experiments are therefore another proof that perception of the stimulus has taken place, but that without oxygen it cannot express itself in a reaction.

That the curvatures remain fairly weak in this case (they never became stronger even with a longer observation time), is due to the fact that the stimulus is already falling off. From this it directly follows that we cannot speak of the lengthening of the reaction-time in consequence of deprivation of oxygen, because in that case the maximal reaction after stimulation with 900 m.g.-secs. i.e. a curvature of 2 m.m., would have to occur later than under normal conditions.

Of all this there is no question at all. What we see is that the reaction cannot occur at all without oxygen, whilst when the nitrogen is replaced by oxygen at a stage when the stimulus is not yet wholly exhausted, the reaction can still occur to a slighter degree. An experiment completely in agreement with this explanation is one in which there was a departure from the experiments described above in so far as that I admitted the oxygen 45 minutes after the beginning of stimulation.

TABLE 22.

Strength of stimulus 900 m.g.-secs. Temperature 20° C.

Fore-period in nitrogen	Time elapsed since the beginning of stimulation in nitrogen	Number of seedlings	Extent of the curvatures in m.m.								
3 hours	65	9	1	1	1	1	1/2	1/2	1/2	0	0
	80		1	1	1	1 1/2	1/2	1	1/2	1/2	1/2
	100		1	1	1	1 1/2	1/2	1 1/2	1/2	1/2	1/2
	120		1 1/2	1 1/2	1	1 1/2	1	1 1/2	1	1/2	1/2

The earlier therefore that the perceived stimulus is enabled to find expression, the greater the reaction becomes. Nevertheless in this experiment the exhaustion phenomenon was also well marked, so that sufficient proof has been given that the reaction-time is not lengthened in consequence of the absence of oxygen, but that a seedling of *Avena* cannot furnish a geotropic reaction in an atmosphere without oxygen, although it can do so again as soon as normal conditions are restored. The extent of the curvature depends in that case on the greater or lesser extent to which the stimulus is already falling off.

C. *Phototropic experiments with Avena.*

Fore-period of 3 hours in nitrogen. Stimulation in this gas followed by a long period, also in nitrogen.

TABLE 23.

Strength of stimulus 40 M.C.S. Temperature 20° C.

Fore-period in nitrogen	Time elapsed since the beginning of stimulation in nitrogen	Number of seedlings	Extent of the curvatures in m.m.
3 hours	75	7	all without curvatures
	100		" " "
	140		" " "
	170		" " "
	75	8	all without curvatures
	105		" " "
	130		" " "
	75	8	all without curvatures
	100		" " "
	135		" " "
	75	9	all without curvatures

This table therefore shows that a phototropic stimulus which has been perceived cannot give a reaction in the absence of oxygen.

D. *Phototropic experiments with Avena.*

Fore-period of 3 hours in nitrogen. Stimulation in this gas; nitrogen replaced by atmospheric air 75 minutes after beginning of stimulation, i.e. after the reaction-time of a maximal phototropic curvature of 2 m.m. under normal conditions (Pl. XIX, fig. 1).

TABLE 24.

Strength of stimulus 40 M.C.S. Temperature 20° C.

Fore-period in nitrogen	Time elapsed since the beginning of stimulation in minutes	Number of seedlings	Extent of the curvatures in m.m.							
3 hours	75	8	0	0	0	0	0	0	0	0
	140		1/2	1	1/2	1/2	1	1/2	0	0
	75	8	0	0	0	0	0	0	0	0
	135		0	0	1/2	1	1	0	1	1/2
	75	6	0	0	0	0	0	0		
	135		1/2	1/2	1	0	1	1		
	75	8	0	0	0	0	0	1/2	0	0
	135		1/2	0	0	1/2	1/2	1 1/2	1/2	1
	75	7	0	0	0	0	0	0	0	
	130		1	1/2	1/2	1/2	1/2	0	1/2	

The results of the phototropic experiments therefore completely correspond *mutatis mutandis* with those of the geotropic, so that here also it is seen that a perceived

phototropic stimulus cannot find expression without the presence of oxygen, but does so immediately on the restoration of normal conditions. Since the stimulus is already falling off, a weaker reaction takes place in that case, so that there is no reason to conclude that the reaction-time is lengthened in consequence of oxygen-deprivation.

CHAPTER VI.

Effect of an Atmosphere with low oxygen-content.

In order to investigate the geotropic and phototropic stimulation-process in an atmosphere with low oxygen-content, I passed the nitrogen from the cylinder directly through the thermostat without allowing it first to pass through the wash-bottles with pyrogallol and the tube with glowing copper.

I investigated the influence of such a low oxygen-content on perception only.

The seedlings consequently underwent a fore-period of several hours in the atmosphere in question: here stimulation also subsequently took place, whilst immediately after this ordinary air was sucked through the thermostat. Since it is evident from a former chapter, that there is no where any question of a lengthening of the reaction-time, but only of a weakening of the reaction, I always measured in this case also the curvatures after the times, which are determined in Chapter III as reaction-times.

A. *Geotropic experiments with Avena.*

(Pl. XIX, fig. 2, fore-period of 8 hours, fig. 3, fore-period of 24 hours).

TABLE 25.

Strength of stimulus 900 m.g.-secs. Temperature 20° C.
Reaction-time 65 minutes.

Fore-period in 4.3 % oxygen	Number of seedlings	Extent of the curvatures in m.m.
6 hours	9	2½ 2 2 2 2 1½ 1½ 1½ 1
8	9	3 2½ 2 2 2 2 1½ 1½ 1½
24	8	2 1½ 1 1 1 1 ½ ½

It is sufficiently clear from this table that the seedlings in a comparatively low oxygen-content remained for a long time in a condition to perceive a geotropic stimulus in a normal manner. When, however, they remain for 24 hours in an atmosphere of an oxygen-content of 4.3 %, an influence is distinctly recognisable which expresses itself by a weaker reaction, of which the cause can only be that the seedlings on account of the deficiency of oxygen were no longer able to perceive the stimulus normally.

B. *Phototropic experiments with Avena.*

(Pl. XIX, fig. 4, fore-period of 10 hours, fig. 5 fore-period of 24 hours).

TABLE 26.

Strength of stimulus 40 M.C.S. Temperature 20° C.
Reaction-time 75 minutes.

Fore-period in 4.7 % oxygen	Number of seedlings	Extent of the curvatures in m.m.
10 hours	9	2½ 2 2 2 2 1½ 1½ 1½ 0
24	9	2 1½ 1½ 1½ 1 1 1 0 0

From this also it is evident that a fore-period of 10 hours in 4.7 % oxygen has not the least influence on perception. After a fore-period of 24 hours the seedlings curve less strongly, so that in the long run they are evidently unable to perceive a phototropic stimulus normally in this atmosphere. The results are therefore identical with those of the phototropic experiments.

The object with which I had begun these experiments was as follows: to determine that oxygen-content of air at which, for geotropism as well as for phototropism the seedlings could still carry out the normal stimulation-process.

Since, however, in order to feel the retarding influence of an oxygen-content of 4—5 % the seedlings must already undergo in it a fore-period of 24 hours, I have not continued these experiments. It was naturally superfluous to experiment with an atmosphere of smaller oxygen-content than 4—5 %, because the plants would undoubtedly be affected adversely by a fore-period in it of some duration. With regard to an atmosphere with a higher oxygen-content, it is very difficult to decide whether this has a harmful effect or not. It is quite possible that the seedlings in, for example, 8 % oxygen still give a normal reaction after 24 hours but not after 48 hours. For we can only postulate a weakening of the power of perception in a given atmosphere if the seedlings have remained in it long enough before the application of the stimulus. Such experiments are impossible on account of the rapid growth of the experimental material.

CHAPTER VII.

Discussion of Results.

If the results here obtained are compared with those of Correns, they are in so far alike that he also says that for the occurrence of stimulus-movements oxygen is necessary.

Further he has published statements dealing with the oxygen-content at which the stimulation-process can still just take place. Since he finds different percentages of oxygen for the perception of the geotropic and phototropic stimulus, he concludes that geotropic curvatures can occur with smaller quantities of oxygen than phototropic ones. I cannot, with the results obtained in this investigation confirm this conclusion, on the contrary, the phenomena in the geotropic and phototropic stimulation-processes are in all respects pretty much alike. Although I have done very few experiments with seedlings in atmospheres of low oxygen-content, these experiments, however small in number, sufficiently point to a like behaviour. The reason for Correns' conclusion lies in the fact that he always worked with continued stimulations and consequently with curvatures that were not comparable, whilst moreover in that case the plants experienced a change of sensibility during the experiment. For this reason I worked with an equal maximal curvature of constant extent, both in the geotropic and in the phototropic experiments.

As Correns himself admits, he did not succeed in studying separately the influence of oxygen on perception and reaction. On this point, however, Árpád Paál was successful, but he only performed geotropic experiments.

In order to investigate how the sensory phase is dependent on the oxygen content, he determined the presentation-times, by which, in accordance with the old conception, he understood the shortest possible times during which the material must be stimulated in order to see with the naked eye as after-effect a curvature in at least 50 % of the seedlings. He found that on diminishing oxygen-content the presentation-time became longer. This is readely harmonized with my results. I always worked with the same strength of stimulus, but I have shown that when the seedlings have for long enough time been deprived wholly or partly of oxygen and perception takes place, a weaker curvature results. Now if I had applied a weaker stimulus, which did not give, as in my case, a maximal curvature of 2 m.m., but a reaction which was just visible, various seedlings would then have remained straight, anyhow to the naked eye. In order in this same atmosphere to obtain a curvature in a greater number, I should have had to strengthen the stimulus, and this therefore entirely agrees with Árpád Paál's contention.

Further there exists an apparent disagreement between my conclusion that the reaction-time was not shortened by withdrawal of oxygen and that of Árpád Paál that on diminution of the oxygen-content the reaction-time becomes longer. I have always taken as reaction-time Arisz's conception of curvature-time [1]), namely, the time which elapses from the beginning of stimulation till definite maximal reaction is reached, whilst Árpád Paál employs the old conception and takes the time which elapses

[1]) Arisz, l. c. p. 60.

between the beginning of stimulation and the point at which the curvature first becomes visible. Since I have found that when the reaction takes place in the absence of oxygen, whilst the stimulus is normally perceived, a weaker curvature arises, it follows directly that the first beginning of the curvature takes place later. And this is, what Árpád Paál regards as a lengthening of the reaction-time. In this respect also therefore my results are not in conflict with his.

In most investigations, in which the influence of oxygen-withdrawal was always determined by pumping out the air, it is mentioned that the plants in a definite oxygen-content are still able to execute a geotropic or phototropic stimulation-process. When, however, still more oxygen is withdrawn, they lose this power. I cannot accept this opinion and the cause must, I think, be sought for exclusively in the method by which all these investigations were carried out, namely in the partial or total vacuum, in which the experimental material was placed. My experiments, following an entirely different method, also led to an entirely different result. In the first place my seedlings during the experiments were always under a pressure of one atmosphere, so that any possible influence of a vacuum was wholly excluded. The material which was kept in an atmosphere completely free from oxygen, preserved in it for some time the power to perceive a stimulus of 900 m.g.-secs. or of 40 M.C.S., which power, however, was entirely lost after some hours.

In the gas-mixtures with low oxygen-content, which I investigated, stimuli of this strength were still normally perceived, even when the seedlings had been for 10 hours in this atmosphere after the application of the stimulus. Yet this amount of oxygen was found to be insufficient for the seedlings in the long run, at least perception was considerably weakened after a fore-period of 24 hours.

This fore-period of the material in a given atmosphere, plays therefore an important rôle in determining whether perception is still possible in this atmosphere or not. Without further data no limits of oxygen-withdrawal can be fixed at which perception still is, and is no longer possible.

Adopting the method of exhausting in a short time one can easely investigate the influence of oxygen withdrawal on perception and reaction separately; in the first case by applying the stimulus in and vacuum and allowing the reaction to take place in ordinary air, in the other case, by stimulating in air and letting the reaction take place in a vacuum. Although I found it impossible to carry out this method of investigation, because in my experiments it took $1^1/_2$ to 2 hours for the air in the thermostat to be replaced by nitrogen, I nevertheless consider I have determined separately the influence of oxygen-withdrawal on the perception and on the reaction.

Closely connected with this investigation are the papers dealing with the influence of withdrawal of oxygen on growth [1]), because the geotropic and phototropic stimulation movements are both growth-movements. Now the opinions as to how growth in seedlings is influenced by an oxygen-free environment are greatly at variance with each other. Wortmann, Correns, Wieler and Shull state that without the least trace of oxygen no growth

[1]) Wortmann. l.c., p. 509.

Correns. l.c., p. 139.

Wieler, l.c., p. 189.

A. J. Nabokich. Ueber die Wachstumsreize. Beih. z. Bot. Centralbl. XXVI, 1, 1910, p. 7.

E. Lehmann. Zur Kenntnis des anaeroben Wachstums höherer Pflanzen. Jahrb. f. wiss. Botanik. Bd. 42, 1911. p. 61.

Ch. A. Shull. The oxygen minimum and the germination of Xanthium seeds. The Botanical Gazette LII, 1911, pag. 453.

can take place, Nabokich and Lehmann on the other hand hold the opinion that this is quite possible, Lehmann says, for example, that seedlings of *Helianthus* continued to grow for 24 hours and longer without oxygen. Afterwards they gradually stopped and when air was introduced, became again normal. Nevertheless he asserts explicitly that all plants are not capable of growth without oxygen.

These investigations are therefore partly in agreement with my results. Even although it were to be shown that no growth can take place in an atmosphere completely free from oxygen, my results would not necessarily be in contradiction therewith, because it might quite well be possible that the seedlings which had lost their power of growth through deprivation of oxygen, had again recovered it in consequence of a geotropic or phototropic stimulus.

Summary.

All experiments were carried out with a stimulus of definite, known intensity.

In order to determine the influence of oxygen withdrawal, no complete or partial vacuum was used, but the air was always replaced by nitrogen by means of gradual diffusion. Thus the seedlings always remained under a pressure of one atmosphere.

When seedlings, which have been long enough removed from the influence of oxygen, are stimulated geotropically or phototropically, likewise in the absence of oxygen and are then at once placed in atmospheric air, they are unable to execute a reaction.

If the seedlings are given a similar fore-period in an oxygen-free atmosphere, but if the stimulus is administered in air, in which the plants are also left subsequently, a reaction does occur.

In an oxygen-free environment the perception of a stimulus cannot therefore take place, provided that the condition of a sufficiently long fore-period has been satisfied.

If, after perception of a geotropic or phototropic stimulus, the seedlings are left in the oxygen-free atmosphere, they do not react, so that the presence of oxygen is also necessary for the occurrence of the reaction.

In an atmosphere with low oxygen-content the seedlings remain for a long time able to perceive normally, but a prolonged stay in such an atmosphere weakens the power of perception.

There are no indications that, on complete or partial withdrawal of oxygen, the reaction of seedlings to a geotropic stimulus differs from their reaction to a phototropic one.

BIBLIOGRAPHY.

Arisz, W. H. Untersuchungen über den Phototropismus. Recueil des Trav. Botan. Néerlandais, Vol. XII, 1915.

Chudiakow, N. v. Beiträge zur Kenntniss der intramolecularen Athmung. Landwirtsch. Jahrb., Bd. 23, 1894.

Correns, C. Über die Abhängigkeit der Reizerscheinungen höherer Pflanzen von der Gegenwart freien Sauerstoffes. Flora 75, 1892.

Czapek, F. Untersuchungen über Geotropismus. Jahrb. f. wiss. Botanik, Bd. 27, 1895.

Dutrochet, M. Rapport sur un mémoire de M. Payer, intitulé: Mémoire sur la tendance des racines à fuir la lumière. Annales des sciences naturelles, 3e série, T. II, 1844.

Kenkel, J. Über den Einflusz der Wasserinjektion auf Geotropismus und Heliotropismus. Inaugural. Dissertation, 1913.

Kraus, G. Über die Wasservertheilung in der Pflanze. IV. Die Acidität des Zellsaftes. Abhandl. der Naturforschenden Ges. zu Halle, Bd. XVI, 1884.

Lehmann, E. Zur Kenntnis des anaeroben Wachstums höherer Pflanzen. Jahrb. f. wiss. Botanik, Bd. 49, 1911.

Mohl, H. v. Grundzüge der Anatomie und Physiologie der vegetabilischen Zelle (Abdruck aus R. Wagner's Handwörterbuch der Physiologie), 1851.

Nabokich, A. J. Über die Wachstumsreize. Beih. z. Bot. Centralbl. XXVI, 1, 1910.

Paál, Árpád. Analyse des geotropischen Reizvorgangs mittelst Luftverdünnung. Jahrb. f. wiss. Botanik, Bd. 50, 1912.

Payer, J. Mémoire sur la tendance des tiges vers la lumière. Comptes rendus, T. XV, 1842.

Rutgers, A. A. L. De invloed der temperatuur op den praesentatietijd bij geotropie, dissertatie 1910.

Shull, Ch. A. The oxygen minimum and the germination of Xanthium seeds. The Botanical Gazette LII, 1911.

Vries, Marie S. de. Der Einfluss der Temperatur auf den Phototropismus. Recueil der Trav. Botan. Néerlandais, Vol. XI, 1914.

Weyl, Th. en Goth A. Ueber die Absorption von Sauerstoff durch Pyrogallol und Phloroglucin in alkalischer Lösung. Ber. der Deut. Chem. Gesellsch., 14. Jahrg. 2, 1881.

Wieler, A. Die Beeinflussung des Wachsens durch verminderte Partiärpressung des Sauerstoffs. Unters. aus dem Bot. Instit. zu Tübingen I, 1883.

Wiesner, J. Die heliotropischen Erscheinungen im Pflanzenreiche, eine physiologische Monographie, 1878.

Wortmann, J. Ueber die Beziehungen der intramolecularen zur normalen Athmung der Pflanzen. Arb. des Bot. Instit. in Würzburg II, 1882.

Wortmann, J. Studien über geotropische Nachwirkungserscheinungen, Bot. Zeitg. 1884.

EXPLANATION OF PLATE XVIII.

Fig. 1. Fore-period of 6 hours in nitrogen. Geotropic stimulation in nitrogen. Afterwards in air during the reaction-time.

Fig. 2. Seedlings of *Sinapis*. Fore-period of 4 hours in nitrogen. Geotropic stimulation in nitrogen. Afterwards in air during the reaction-time.

Fig. 3. Fore-period of 6 hours in nitrogen. Geotropic stimulation in air.

Fig. 4. Fore-period of 8 hours in nitrogen. Phototropic stimulation in air.

Fig. 5. Fore-period of 3 hours in nitrogen. Geotropic stimulation in this gas. 65 minutes after the beginning of stimulation nitrogen replaced by air. Then in air for a further 55 minutes.

EXPLANATION OF PLATE XIX.

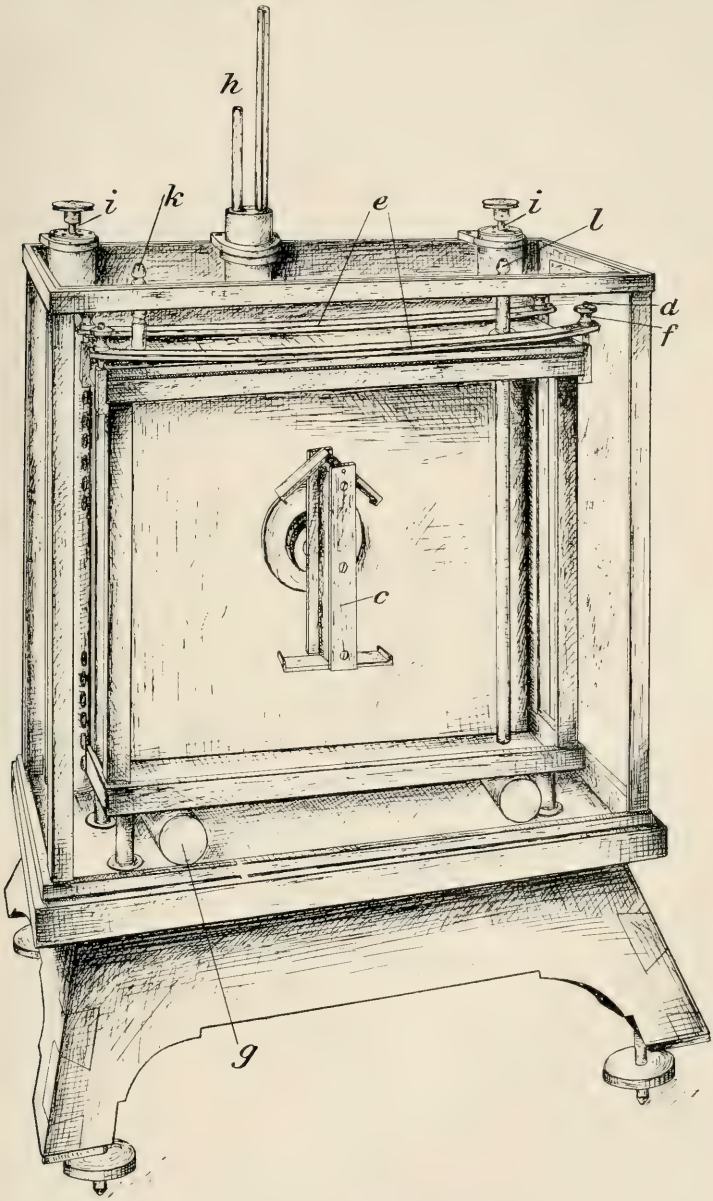
Fig. 1. Fore-period of 3 hours in nitrogen, in which phototropic stimulation. 75 minutes after the beginning of stimulation nitrogen replaced by air. Then in air for a further 65 minutes.

Fig. 2. Fore-period of 8 hours in 4.3 % oxygen, in which geotropic stimulation. Then in air during the reaction-time.

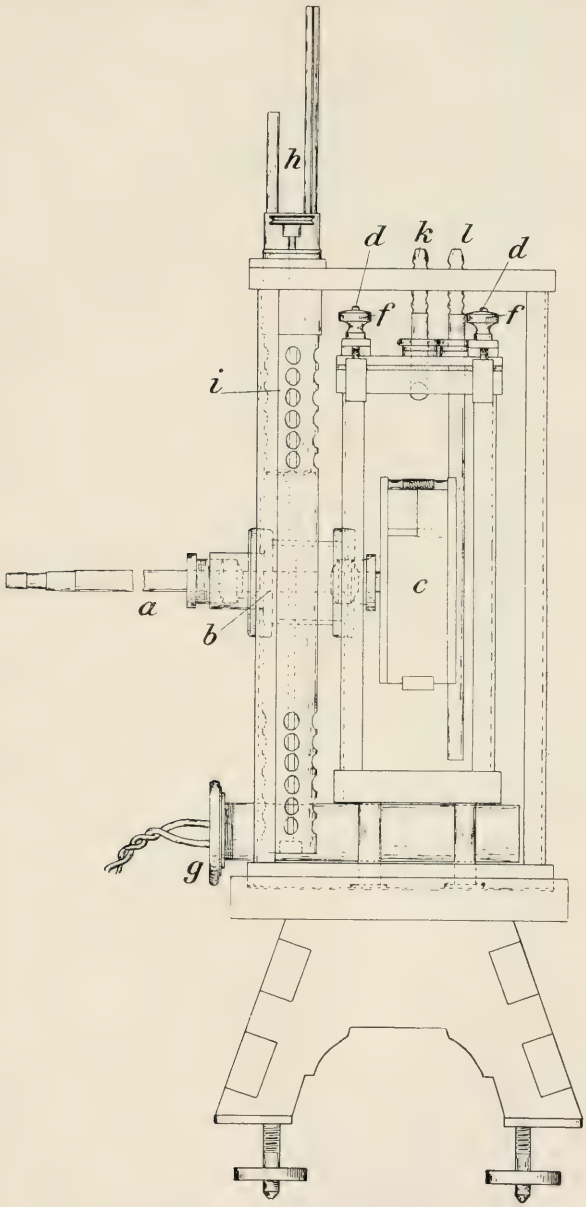
Fig. 3. Fore-period of 24 hours in 4.3 % oxygen, in which geotropic stimulation. Then in air during the reaction-time.

Fig. 4. Fore-period of 10 hours in 4.7 % oxygen, in which phototropic stimulation. Then in air during the reaction-time.

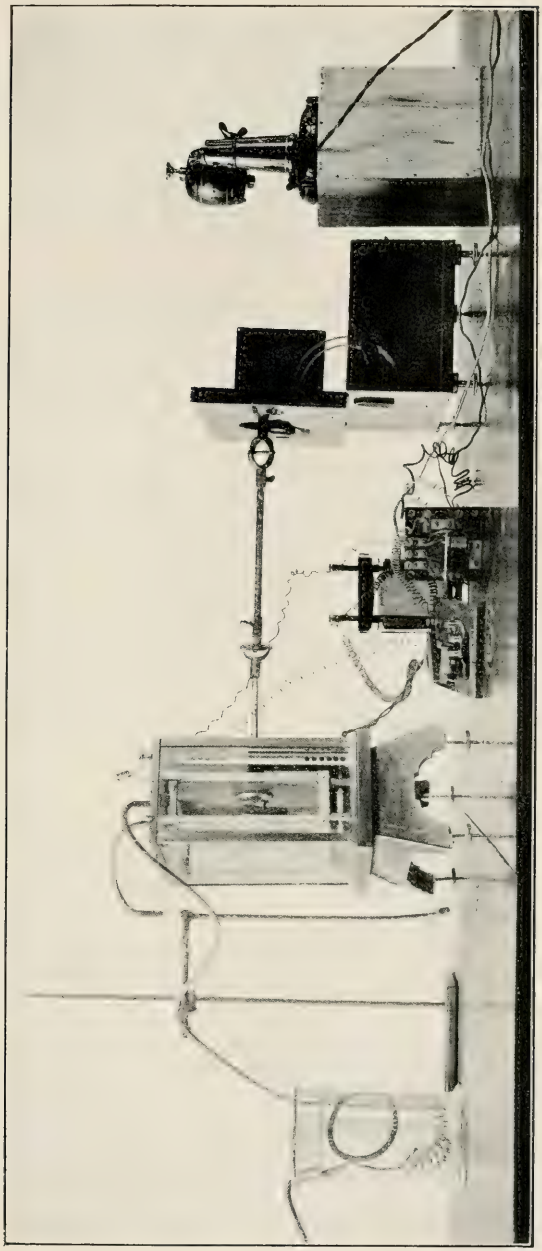
Fig. 5. Fore-period of 24 hours in 4.7 % oxygen, in which phototropic stimulation. Then in air during the reaction-time.



Front view of the thermostat.



Lateral view of the thermostat.



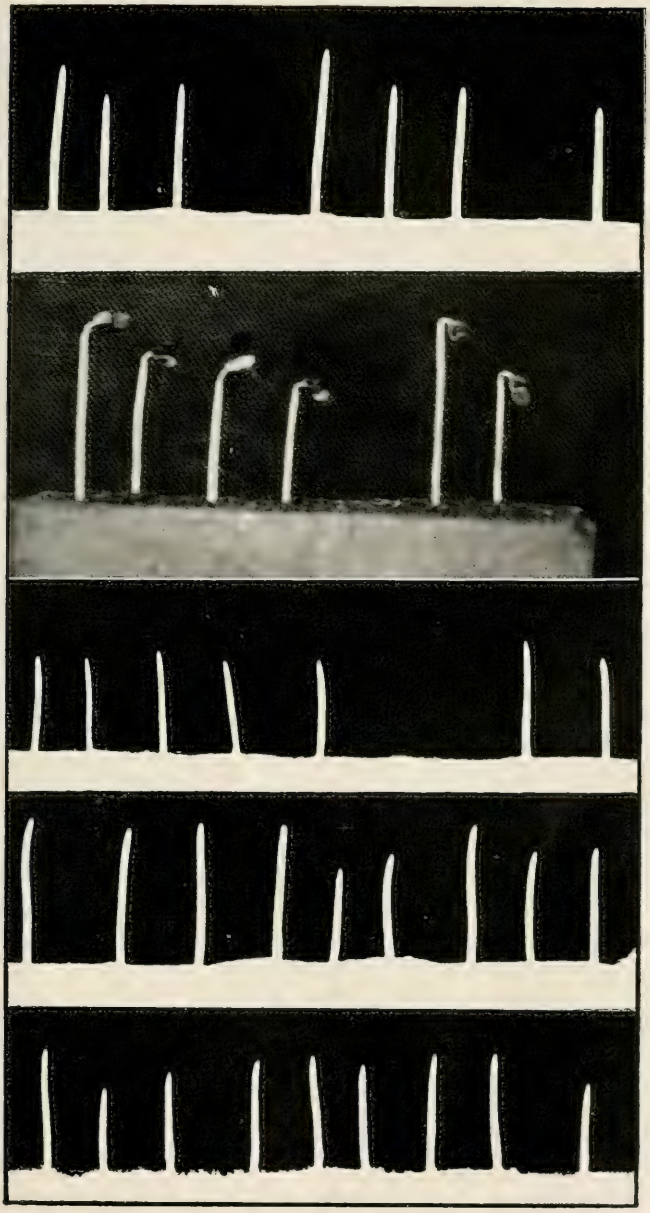


fig. 1

fig. 2

fig. 3

fig. 4

fig. 5

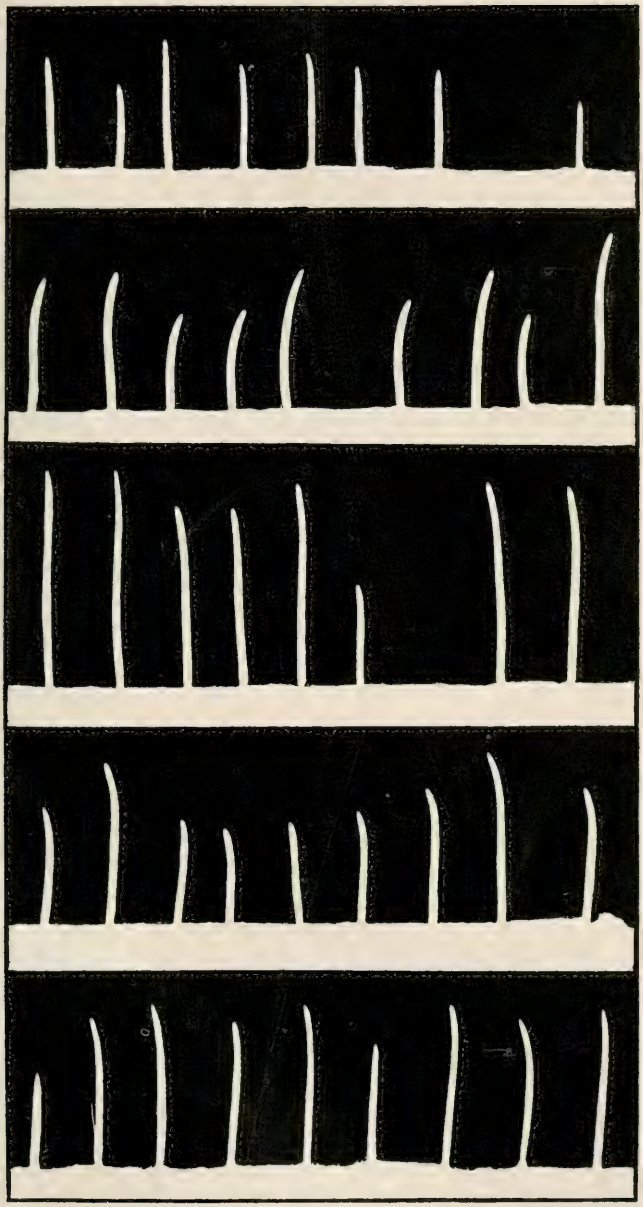


fig. 1

fig. 2

fig. 3

fig. 4

fig. 5

CONTENTS.

Page.

Introduction 149

Chapter I.

Review of the Literature 151

Chapter II.

Material. General arrangement of the experiments . 161

Chapter III.

Experiments in air 168

Chapter IV.

Effect of the complete withdrawal of free oxygen on the perception 186

Chapter V.

Effect of the complete withdrawal of free oxygen on the reaction 197

Chapter VI.

Effect of an atmosphere with low oxygen-content . 204

Chapter VII.

Discussion of results 207

Summary 211

Bibliography 213

INDEX ALPHABÉTIQUE

par

INA VOORMOLEN.

A.

Acer Pseudo-Platanus L. 146.
Agave americana 72.
Ameijden (U. P. van) 149.
Anagallis grandiflora 73, 74.
Angiospermerna 126.
Angiospermen 126.
Angiosperms 124.
Antirrhinum majus 73, 74.
Anthriscus silvestris 153.
Aralia cordata 101.
Aralia edulis 101.
Aralia racemosa 101.
Araliaceae 101, 123.
Araliaceen 100, 102, 103.
Araliacées 101, 126.
Arisz (W. H.) 110, 169, 208, 213.
Armillaria 144, 148.
Armillaria mellea 144, 147.
Armillaria mellea (Vahl) Quel. 144, 147.
Armillaria mellea (Vahl) Quél. var. javanica P. Henn. 147.
Asparagus 105.
Astragalus 96.
Aucuba 119, 120, 121, 122, 124.
Aucuba japonica 119, 120, 121, 125, 126.
Avena 158, 162, 165, 168, 170, 174, 178, 182, 185, 186, 189, 193, 194, 195, 198, 199, 201, 202, 204, 205.
Avena sativa 109, 118, 161, 168.

B.

Benthamia 122, 123.
Beyerinck (M. W.) 68, 76, 77, 104.
Blaauw (A. H.) 109.
Boehmeria 74, 83, 91.
Boehmeria macrophylla 71, 73, 74, 82.
Brassica 69.
Brassica oleracea acephala 76.
Braun—Wolff 95, 97, 98.
Bupleurum 62.

C.

Candolle (Cas. de) 61, 65.
Casuarina 106.
Centranthus macrosiphon 63, 74.
China 144.
Chudiakow (N. v.) 159, 213.
Cinchona 143, 144, 145, 148.
Cinchona Ledgeriana Moens 143.
Cinchona robusta Trimen 143.
Clerq (De) 127, 133, 138.
Codiaeum 62.
Cool (Miss Cath.) 145.
Cornaceae 121, 125.
Cornus florida 124, 126.
Correns (C.) 149, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 207, 208, 210, 213.
Costerus (J. C.) 62, 71, 105.
Crassula arborescens 73.
Croton 62.
Cucurbitaceen 106.
Curcuma 128, 129, 132, 136.
Curcuma amada Roxb. 138.
Curcuma amada Val. (non Roxb.) 141.
Curcuma Heyneana Valeton et v. Zijp n. sp. 132, 136, 142.
Curcuma longa L. 127, 133.
Curcuma longa L. var. major 127.
Curcuma Mangga Valeton et v. Zijp n. sp. 138, 141, 142.
Curcuma species 127, 142.
Curcuma viridiflora Roxb. 133.
Curcuma xanthorrhiza Roxb. 128, 129.
Curcuma Zedoaria Roscoe 127.
Cyperaceen 96.
Czapek (F.) 158, 159, 213.

D.

Davidia 122, 123.
Davidia involucrata Baill. 126.
Dekker (J.) 1.
Dicotylédones 103.
Digitalis 105.
Digitalis purpurea 105.
Dipsacus 62.
Dipsacus fullonum 68.
Ducamp (L.) 123, 126.
Dumas (Lombard—) 120, 126.
Dutrochet (M.) 151, 213.

E.

Eichler (A. W.) 119, 120, 126.
Engler 128.
Eryngium 62.
Eryngium maritimum 72.
Eucalyptus 62.
Euphorbia 106.
Exantha-Gruppe 127, 133.

F.

Fehlingsche Lösung 24.
Ficus Krishnae 65.
Fleichner (N.) 147.
Fragaria vesca 71.
Fucus 99, 100.

G.

Gasteria 72.
Gen (van der) 148.
Geranium 62.
Gleditschia 73.
Glück (H.) 98.
Goebel (K.) 62, 65, 98.
Goethe—Gaudichaud 95.
Goth (A.) 166, 214.
Gramineen 96.
Graphium 143.
Güssow (F.) 101, 103, 104.

H.

Harris (J. A.) 72.
Hedera 100, 102, 103, 104.
Hedera colchica 103.
Hedera Helix 103, 108.
Helianthus 154, 211.
Helianthus annuus 63, 74, 86, 153.
Hennings (P.) 148.
Heyne 127, 132, 133, 138, 141.
Hincks (W.) 72.
Hoff (van 't) 158.
Horne (A. S.) 122, 126.
Hydrocotyle 62.

J.

Jaeger 70.
Jönsson (B.) 122, 126.
Juncus 97.

K.

Kaktee 62.
Kenkel (J.) 160, 213.
Kentia spec. 45, 49, 60.
Kickx 71.
Kina 144.
Klincksieck (et Valette) 129, 132, 138.
Koorders 127, 132, 138.
Kraus (G.) 153, 213.
Kubart (Bruno) 104.

L.

Lalanne (G.) 103.
Leguminosen 71, 88.
Lehmann (E.) 210, 211, 213.
Lepidium sativum 151, 152, 153, 154.
Lombard—Dumas 120, 126.
Lonicera 62.
Luyk (A. van) 147.
Lygodium 97.

M.

Magnolia 69, 81.
Magnolia obovata (purpurea) 63, 78.
Massart (Prof. Dr. J.) 66.
Masters (M. T.) 68.
Mercurialis annua 63, 74.
Mesantha-Gruppe 133.
Mohl (H. von) 151, 213.
Moll (Professor J. W.) 66.
Morren (C.) 68.
Morse (W. C.) 124, 126.

N.

Nabokich (A. J.) 210, 211, 213.
Nägeli 98.
Najas 106.
Nepenthes 62, 64.
Noack (K.) 110.

O.

Oenothera 77, 78, 91, 94, 96, 107.
Oenothera argillicola 90, 91.
Oenothera glauca 63.
Oenothera grandiflora gigas 92, 93.
Oenothera Lamarckiana 93.
Oreopanax 103.
Ornithopus 96.

P.

Paál (Árpád) 149, 159, 208, 209, 214.
Paconia peregrina 152.
Palm (Dr. Bj.) 119, 123, 126.
Payer (J. B.) 149, 213, 214.
Pelargonium 62.
Penzig (O.) 69, 71, 73.
Phaseolus multiflorus 152, 153.
Phaseolus vulgaris 73, 152, 159.
Phyllocactus crenatus 62.
Planera crenata 66, 67.
Plantago 105.
Plantago lanceolata 62.
Plantago major 105.
Platanus 96.
Plumeria acutifolia 62.

Polygonatum 72.
Polygonatum multiflorum 62.
Polygonum 96.
Poterium Sanguisorba 71, 108.
Potonié (H.) 95, 98, 99, 100, 102, 103, 104.
Puel et Saint—Pierre 62.

R.

Rant (Dr. A.) 143, 145.
Ranunculus 153.
Rhizoma Curcumae longae javanicae Linn. 127.
Rhododendron 27, 35, 36, 39, 48, 57, 58.
Ribes 1, 2, 3, 4, 6, 9, 17, 19, 23, 24, 25, 26, 35, 36, 42, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56.
Roelink 162.
Romburgh (Prof. van) 165.
Rosa centifolia 71.
Rosa indica fragrans hybrida 70.
Rosa spec. 36, 48.
Rosaceen 71.
Rose 38, 48, 58, 59,
Roxburgh 128, 129.
Rosellinia 143.
Rutgers (A. A. L.) 109, 110, 119, 161, 164, 214.

S.

Saint—Pierre (Puel et) 62.
Sambucus nigra 2.
Sanguisorba minor 71.
Sarracenia 62.
Saxifraga crassifolia 87.
Schumann 127, 128.
Selaginella 98.
Shull (Ch. A.) 210, 214.
Silene inflata 72.
Sinapis 158, 161, 162, 165, 168, 178, 182, 185, 191, 192, 193.
Sinapis alba 152, 154, 161, 168, 191.
Smith Jr. (J. J.) 62, 71.
Snellen (Prof.) 164.
Solms—Laubach (H. Graf zu) 104.
Spinacia 77, 82, 83, 85, 86, 87, 88, 89, 91, 94, 96.
Spinacia oleracea L. 78, 81, 107, 108.
Stomps (Theo J.) 61.

T.

Taraxacum 153.
Temu giring 133.
Temu lawak 127, 128, 129, 142.
Temu mangga 138.
Temu poh 138.
Tilia 87.
Tilia parvifolia 62.

Tischler (G.) 121, 125, 126.
Tobler 103, 104.
Tongeren (B. J. van) 146.
Trifolium pratense quinquefolium 64, 66.
Tropaeolum 62.
Tulipa Gesneriana 72.

U.

Ulmacee 66, 68.
Ulmus montana With 65, 66.
Umbilicus 62.
Umbelliferen 96.
Utricularien 98.

V.

Valeton Sr. (Dr.) 128, 132, 136, 138, 141.
Valette (Klincksieck et) 129, 132, 138.
Veronica 77, 104.
Veronica longifolia 76.
Veronica maritima 76, 77.
Vicia Faba 152, 154.
Vicia sativa 152.
Viguier (R.) 101, 102.
Vries (Hugo de) 62, 63, 64, 66, 69, 71, 72, 73, 74, 78, 81, 82, 83, 86, 87, 91.
Vries (Marie S. de) 109, 110, 162, 214.

W.

Wagner (R.) 151, 213.
Warburg (O.) 144, 148.
Warming (E.) 121, 126.
Weber 164.
Weiss (J. E.) 101.
Welwitschia 97.
Went (Prof. Dr. F. A. F. C.) 145.
Westerdijk (Prof. Dr. Johanna) 147.
Weyl (Th.) 166, 214.
Wieler (A.) 153, 210, 214.
Wiesner (T.) 151, 214.
Winkler (H.) 119, 126.
Witte 119.
Wolff—Braun 95, 97, 98.
Wortmann (J.) 152, 153, 158, 210, 214.

X.

Xanthium 210.

Z.

Zelkowa carpinifolia 66, 67.
Zingiberaceae 128, 136, 141.
Zingiberaceen 127.
Zijp (C. van) 127.

SOMMAIRE.

Dr. Bj. Palm and Dr. A. A. L. Rutgers.	The Embryology of Aucuba Japonica. With 12 Textfig.	119
C. van Zijp.	Beiträge zur Kenntnis der Zingiberaceën. Mit Tab. XI—XIII	127
Dr. A. Rant.	The white Root-Fungus of Cinchona. With Tab. XIV	143
U. P. van Ameijden.	Geotropism and Phototropism in the absence of free oxygen. With Tab. XV—XIX	149
Ina Voormolen.	Index alphabétique . . .	218

SOMMAIRE.

J. Dekker. Ueber die physiologische Bedeutung des Gerbstoffs. Mit Tab. I—VIII 1

Theo J. Stomps. Blattbecher und Sprossbecher. Mit Tab. IX und X und 7 Textfig. 61

Marie S. de Vries. Über die Ursache des Auswachsens des Hypokotyls bei Keimlingen von Avena sativa . . . 109

Dr. Bj. Palm and Dr. A. A. L. Rutgers. The Embryology of Aucuba Japonica. With 12 Textfig. 119

C. van Zijp. Beiträge zur Kenntnis der Zingiberaceën. Mit Tab. XI—XIII . 127

Dr. A. Rant. The white Root-Fungus of Cinchona. With Tab. XIV 143

U. P. van Ameijden. Geotropism and Phototropism in the absence of free oxygen. With Tab. XV—XIX 149

Ina Voormolen. Index alphabétique 218